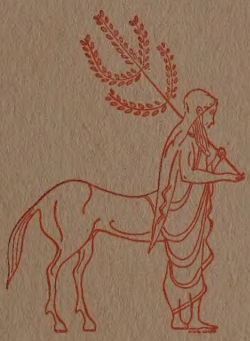
ANNEX

CENTAURUS

INTERNATIONAL MAGAZINE
OF THE HISTORY OF SCIENCE AND MEDICINE



RECEIVED
FEB 10 1960
U OF I LIB MED SCI

VOLUME 6 · 1959
NUMBER 2

Index number

EJNAR MUNKSGAARD
COPENHAGEN

BOARD OF EDITORS

CHIEF EDITOR:

MOGENS PIHL, Professor of Physics, University of Copenhagen.—*Denmark.*

EDITORS:

A. G. DRACHMANN, Copenhagen.—*Denmark.*

EDV. GOTFREDSEN, Professor of the History of Medicine, University of Copenhagen.—*Denmark.*

ASSOCIATE EDITORS:

ANIBAL RUIZ MORENO, Professor of the History of Medicine, Buenos Aires.—*Argentina.*

ILSE ROSENTHAL-SCHNEIDER, University of Sydney.—*Australia.*

K. F. RUSSELL, Associate Professor of Anatomy, University of Melbourne.—*Australia.*

KARL SCHADELBAUER, Leiter des Innsbrucker Stadtarchives, Innsbruck.—*Austria.*

RODOLFO PÉREZ DE LOS REYES, Habana.—*Cuba.*

GUNNAR SOININEN, Docent of the History of Medicine, University of Helsinki.—*Finland.*

GASTON BACHELARD, Professeur, Directeur de l'Institut d'Histoire des Sciences, La Sorbonne, Paris.—*France.*

ERNEST WICKERSHEIMER, Administrateur honoraire, Bibliothèque Nationale et Universitaire, Strasbourg.—*France.*

PAUL DIEPGEN, Professor, Leiter des Medizinhistorischen Institutes der Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.—*Germany.*

WILLY HARTNER, Professor der Geschichte der Naturwissenschaften, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt a. M.—*Germany.*

ADOLF MEYER-ABICH, Professor der Geschichte der Naturwissenschaften an der Universität Hamburg.—*Germany.*

F. J. COLE, Emerit. Professor of Zoology, Kingwood.—*Great Britain.*

DOUGLAS GUTHRIE, Lecturer on History of Medicine, University of Edinburgh.—*Great Britain.*

L. ROSENFELD, Professor of Theoretical Physics, NORDITA, Institute of Theoretical Physics, Copenhagen.—*Denmark.*

E. ASHWORTH UNDERWOOD, Director, The Wellcome Historical Medical Museum, London.—*Great Britain.*

LUIGI BELLONI, Professor of the History of Medicine, University of Milan.—*Italy.*

F. GUERRA, Professor of Pharmacology, Universidad Nacional de Mexico.—*Mexico.*

E. J. DIJKSTERHUIS, Professor of the History of Science, Universities of Leyden and Utrecht. Bilthoven.—*The Netherlands.*

H. ENGEL, Director, Zoölogisch Museum, Professor of Zoogeography, University of Amsterdam.—*The Netherlands.*

JØRGEN H. BERNER, General Secretary, Oslo.—*Norway.*

J. B. LASTRES, Secretary, Peruvian Society of History of Medicine, Lima.—*Peru.*

OSKAR KLEIN, Professor of Mechanics and Mathematical Physics, Stockholm University, Stockholm.—*Sweden.*

WOLFRAM KOCK, Docent, Stockholm University, Stockholm.—*Sweden.*

STEN LINDROTH, Docent of the History of Learning, University of Uppsala.—*Sweden.*

H. COBLANS, Librarian, CERN, Geneva.—*Switzerland.*

EDUARD FUETER, Herausgeber der „Schweizerischen Hochschulzeitung", Wädenswil-Zürich.—*Switzerland.*

E. HINTZSCHE, Direktor des Anatomischen Institutes der Universität Bern.—*Switzerland.*

I. E. DRABKIN, Assistant Professor of Mathematics, College of the City of New York.—*United States of America.*

FRANS VERDOORN, Managing Editor of Chronica Botanica, Botanical Secretary, International Union of Biological Sciences. Waltham, Mass.—*United States of America.*

H. R. VIETS, Curator, Boston Medical Library, Boston.—*United States of America.*

ADDRESSES:

Editorial correspondence, manuscripts for publication, and books for review should be sent to *Mr. Torkil Olsen, 12, Sct. Laurentiivej, Roskilde, Denmark*, or to any member of the Editorial Board.

Chief Editor: *Professor Mogens Pihl, 51, Skovshovedvej, Charlottenlund, Denmark.*

Subscriptions and business communications should be sent to the publishers, *Messrs. Ejnar Munksgaard, Ltd., 6, Nörregade, Copenhagen K, Denmark.*

THOMAS HARRIOTT (1560–1621)

The Tycho Brahe of Optics

Preliminary notice by

Johs. Lohne*

Doctissimus vir et Geometra
Thomas Harriotus longe peritissimus ...
(Briggs to Kepler 1625)

The world has hitherto known Thomas Harriott only as an eminent mathematician. On his four hundredth anniversary he should be remembered also for his optical investigations where he anticipated discoveries of Snell, Descartes and Newton.

Let us first recall what was known about optical refraction before Harriott's time. Vitelo (1225?–1280?) had written ten books on optics which were printed three times in the sixteenth century. In the best known edition (Risner's, Basel 1572) we find on page 412 the following table of refractions:

Tabula quantitatis angulorum incidentiæ	Anguli refracti	
	ab aere ad aquam	ab aere ad vitrum
10°	7°45′	7°
20°	15°30′	13°30′
30°	22°30′	19°30′
40°	29°	25°
50°	35°	30°
60°	40°30′	34°30′
70°	45°30′	38°30′
80°	50°	42°

* Flekkefjord, Norway.

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 113–121

This table Kepler relied on when he in 1602 attacked the problem of refraction and tried to find how the angle of refraction depends on the angle of incidence. We now know that Vitelo had borrowed it from the fifth "sermo" of Ptolemy's optics (published by Govi in 1885 and by Lejeune in 1956), and that the numbers there are no real experimental values but afterwards arranged so as to make the second differences constant. This last thing Kepler understood, but he believed the largest pair of angles (80°–50°) to be subject to the least errors. This one mistake frustrated all his trials. If he had made experiments himself at that time (1602) he would have found that the refraction of slanting rays is very difficult to observe accurately. However, Kepler always preferred to experiment only mentally and he thereby found a formula, answering very nearly to Vitelo's table, but deviating much from the truth.

It is interesting to observe that Kircher (Ars Magna 1646) adopted Kepler's formula, although Descartes had published the law of sines many years before. Kircher's own experimental values were poor.

But more reliable observations did exist, and—mirabile dictu—in Vitelo's optics. But only in a single copy. This copy now belongs to the Library of the University of Oslo. On the last page but one I found an entire table of refractions, written in ink. These observations are dated 1597 August 11. and 12. and 1598 February 23. (see plate 1).

Who had made these observations?

At first I could make nothing of the name Syon, and although notes appeared in several places, the annotator had left his name nowhere in the book. But on page 453, where Vitelo describes an optical image in the fog, I found in the margin:

T H
Ego talem
vidi, an: 158(?)
august. 29.
in ædibus regijs otelands.

Perhaps "T H" were the initials of the annotator, I thought, and therefore searched my memory for names of scientists from about 1600. Now, from Kepler's correspondance I knew that Kepler had exchanged letters with Thomas Harriott, an Englishman. The National Biography then told me that a home and a laboratory had been granted to Thomas Harriot in Syon, the country estate of the "wizard" earl Henry Percy, and further—that eight volumes of Harriott's

manuscripts are preserved in the British Museum (Mss. Add. 6782–89).

Before we try to unearth the treasures to be found there, let us turn to some passages from Harriott's correspondance with Kepler. Kepler writes on Oct. 2. 1606:

> I was overjoyed, excellent Herriot, when Johannes Eriksen, the bearer of these letters, told me there lived in England a man well versed in all mysteries of nature, who if not impeded, was eager to correspond with me through letters, and who possesses, especially in optics, new and unknown principles, by which both my optical book and all previously published are found to be not only deficient, but even erroneous. . . .
>
> I had nearly forgotten about the rain-bow. Teach me, what I asked for above, the cause of the colours that occur in the refractions, and show me thy experimental values in all refractions, then all the rest is readily done.
>
> (Kepler's Werke XV pp. 348–350).

Harriott answered two months later. But to Kepler's dismay he sent only some rather insignificant observations, excusing himself with bad health. But he wanted Kepler to understand that his experiments and measurements were made with great care and skill:

> Though all the observations were repeated many times, with different instruments and methods, they did disagree but in a few minutes—the sixth part of a degree at most.

Convinced of his superior knowledge Harriott finishes his letter thus:

> I have now conducted you to the doors of natures abodes, where its mysteries lie hidden. If you cannot enter, because the doors are too narrow, then abstract and contract yourself mathematically to an atom and you will easily enter, and when you have come out again, tell me what miraculous things you saw. Concerning the colours, there are great mysteries, not here to unfold. But *when I have written on the rain-bow*, you will see their immediate causes and how they are mutually related. And likewise about many other things in natural philosophy, which I will describe, if God accords me spare time and health. In the meantime wait patiently.
>
> (Keplers's Werke XV pp. 365–368).

Harriott did not boast. He possessed great treasures of very accurate observations of refractions, of specific weights, of fall in air and in

water etc. We are here primarily concerned with the manuscript Add. 6789 which contains many hundred folios of observations, diagrams and computations relating to "Optics and Caustics". We will reproduce some specimens.

The first three folios are tables of refractions akin to Vitelo's tables, but vastly superior to his. From the angles given on fol. 89 we find that *Harriott computed the table after the law of sines.*

$$\frac{\sin r}{\sin i} = \sin 48°30' \quad (= 1/1{,}3352)$$

However, Harriott did not say how he got to know the sine law. We must therefore look for information on this point:

Fol. 266.
Ab Aqua ad Aerem. Observationes factæ in Syon 1602 (1601?)
July 20 ☽
July 22 ☿

Anguli incidentiae	Anguli refracti	Anguli refractionis	hdb per calculum
5°	6°25′	1°25′	1°38′
10°	13°20′ 15′	3°20′ 15′	3°18′
20°	26°56′	6°56′	6°56′
30°	41°48′	11°48′	11°28′
40°	58°20′	18°20′	18°20′
50°	86°40′	36°40′	

Fol. 268 tells us that he also made observations after a different method:

Syon July 20 ☽ 1602 (1601?)
July 21 ♂

Ab aqua ad aerem.

In aqua incidentia	Angulus refractus	Refractio
7°25′	9°40′	2°15′
7°55′	10°30′	2°25′
15°30′	20°50′	5°20′
10°	13°15′	3°15′

An analysis of the numbers here shows that Harriott had improved his experimental technique enormously since his early observations in 1597. Moreover the figures in the fourth column reveal that in the *summer 1602 Harriott knew the law of sines.*

How did he find that law?

The drawings and the computations give some indication as to how he speculated and searched. The flat bottom of his experimental vessel

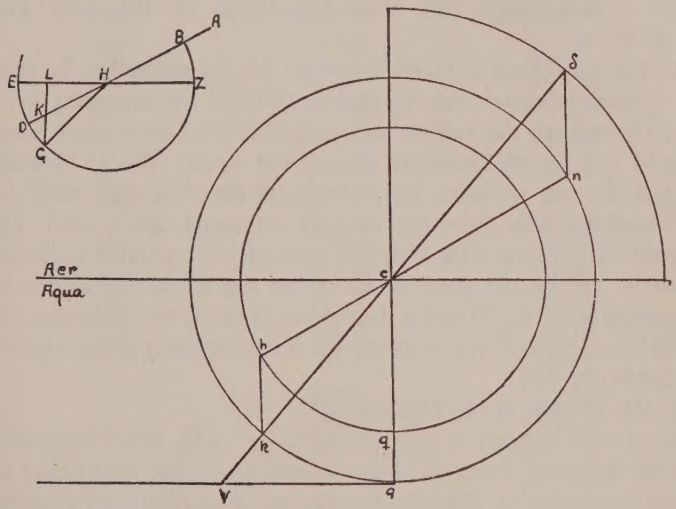


Fig. 1. Ptolemy's (upper left) and Harriott's (lower right) diagrams to refraction.

seemed elevated when he filled it with water. He tried to determine the geometrical law for the curved image of a straight line on the bottom. Like the ancients he apparently believed that the image points lie in perpendiculars from the radiating points to the refractive surface.

From the scanty information we possess, it seems that his younger contemporary, Snell, shared the same erroneous opinion, although it had been confuted by Kepler.

In spite of his mistake Harriott, (and many years later Snell also) finally found the correct law. Fol. 320 has a diagram (figure 1), where the apparent ray (ch) in water has a constant proportion (1/1,33) to the true ray (ck).

Harriott's drawing reminds us of a similar one in Ptolemy's optics (p. 226 in Lejeune's edition). Ptolemy's figure is reproduced here for com-

parison. He had used a cylindrical vessel for measuring the refraction, and drawn the two significant rays *GH* and *KH*. However, not until fifteen hundred years later did it occur to anybody that the ratio of the rays *GH* and *KH* might be a constant. We do not imply that Harriott got his idea from Ptolemy, for probably he did not know Ptolemy's five sermones, as they were then nearly lost and forgotten. Kepler knew them but was unable to obtain a copy. Yet Rhodius tells us that he himself had perused a manuscript (the latin translation of the emir Eugenio) about 1610.

With his law of sines Harriott turned to the refraction in glass and water spheres. Crystal spheres had been used for centuries by soothsayers. The strange distortions and magnifications to be seen there also interested natural philosophers among the Arabs (Ibn al Haitam) and doubtless also the ancients. But nobody till Harriott (and partly Kepler) understood perfectly how the rays pass through the sphere. Harriott examined the problem exhaustively, especially for parallel rays (fol. 388, cf. plate 4). When the angle of incidence was about 60 degrees the arc of egression (e on fig. 2) had a maximum. A ray of this incidence Harriott called a "tropical ray" and reserved for it a prominant place at the bottom of his table (fol. 89).

Why this interest in the tropical ray?

The sun rays nearest to the "tropical ray" will, when twice refracted (and once reflected from the inner concavity of the rain drop) emerge parallell again (fig. 2). *The rain-bow is caused by Harriott's tropical rays.*

Harriott must have been the first one to solve the old problem of the radius of the rain-bow mathematically. He did it in much the same

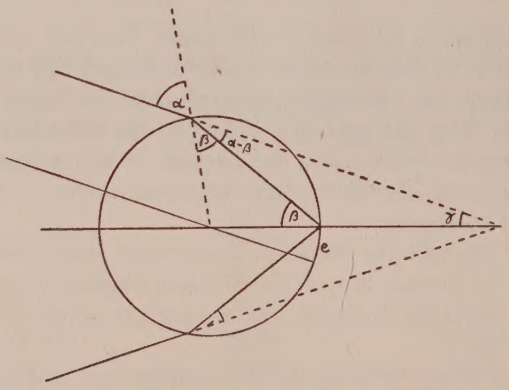


Fig. 2. Passage of sun rays in a rain drop.

manner as Descartes (Les Météores. Discours VIII). Harriott's method is apparent from the table he computes on fol. 289:

Angle of incidence (α)	The double refraction $2(\alpha - \beta)$	The arc of egress $e = 2\beta - \alpha$	
10°	5° 4′	4°56′	
20°	10°18′	9°42′	
30°	16°	14°	
40°	22°26′	17°34′	
50°	29°58′	20° 2′	
60°	39° 8′	20°52′	
70°	50°32′	19°28′	
80°	64°56′	15° 4°	
90°	83°	7°	
62°	41°12′	20°28′	
61°	40°10′	20°50′	
60°	39° 8′	20°52′	
59°	38° 8′	20°52′	* radius tropicus
58°	37° 8′	20°52′	
57°	36°10′	20°50′	
56°	35°14′	30°46′	
Radius tropicus vere		$e = \gamma$	
59°17′	38°24′	20°53′	

At the bottom of the table we find the exact value (59°17′) for the incidence of the tropical ray. We might be tempted to guess that Harriott found this by a very accurate interpolation of the previous table, for Harriott composed a very interesting (hitherto unpublished) treatise on interpolation. But in this case he proceeded otherwise and outdistanced Descartes by finding the relation (folios 289 r and 292)

$$\operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{tg} \beta$$

for the angles of incidence (α) and refraction (β) of his tropical ray (fig. 2).

As was to be expected Harriott also investigated the passage of sun rays in prisms—even more thoroughly than Newton did 60 years later. By means of triangular prisms Harriott also found a dispersion of white rays (fol. 198) four years after his discovery of the law of sines.

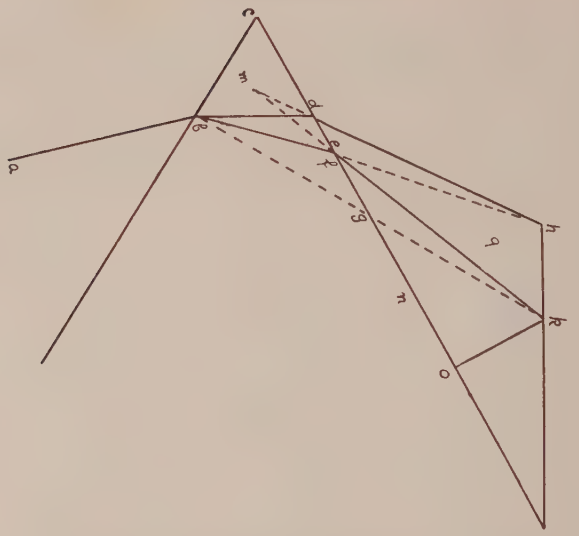


Fig. 3. Harriott's diagram for the computation of dispersion (fol. 189).

Nowhere we miss Harriott's own explanations as much as here. We find his diagrams and his computations, but not his views on dispersion and no description of his experimental method. However, his tables and his diagrams (fig. 3) tell us that he looked at a piece of white paper through a hollow glass prism filled with a transparent fluid. He also used a solid glass prism. Somehow he measured the coloured margins that the paper seemed to have when looked at through the prism. He calls the rays of different refrangibility the "Cardinales primarij" and "Cardinales secundarij". We will tabulate some of his results (folios 198, 199, 200. Cf. plate 5).

	Cardinales Primarij (Middle refractive index)	... Secundarii (index for red rays)
Turpentine	1,480 187 2	1,484 433 4
Salt water	1,390 163 6	1,393 691 8
Spirits of wine	1,378 598 5	1,382 036 7
Glass	1,555 723 8	1,565 788 4
Water.....	1,335 192 1	1,341 599 3

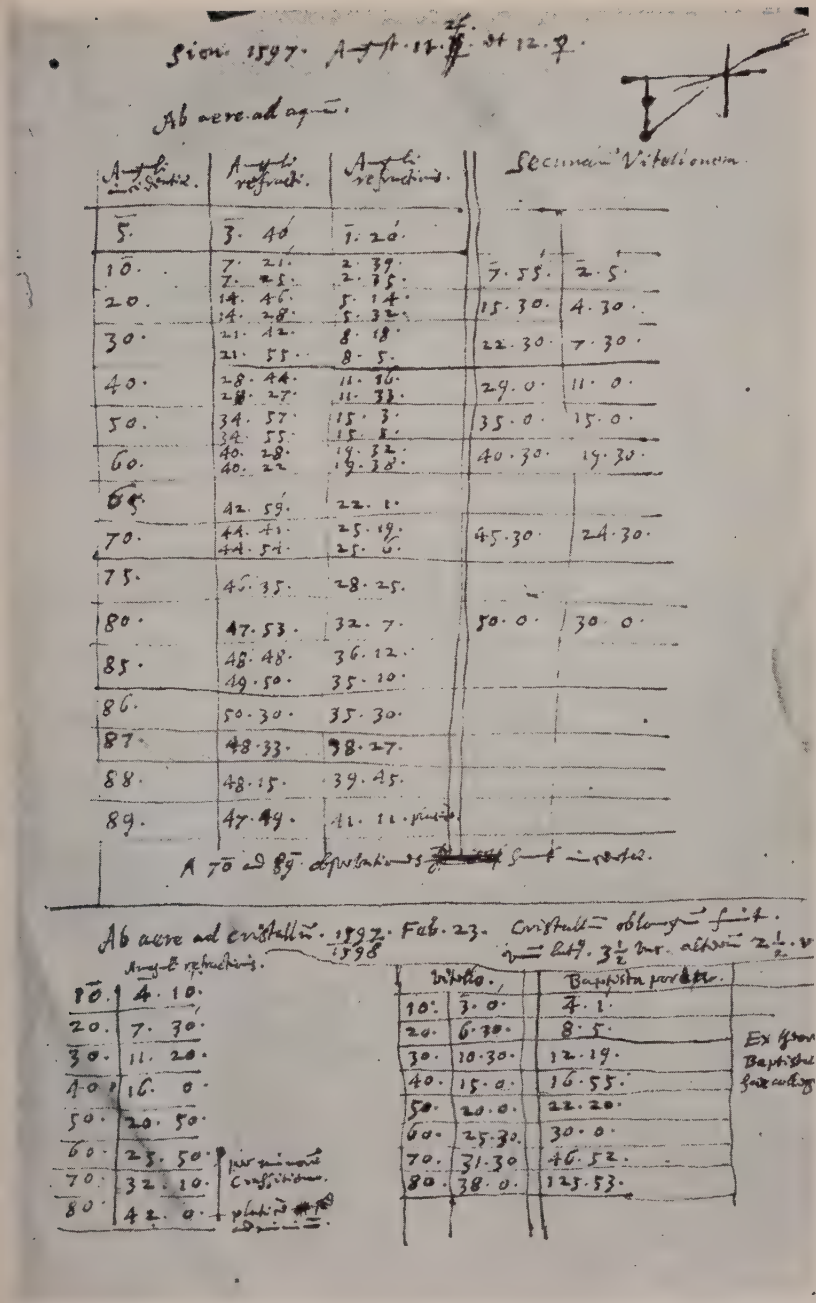


Plate 1. Vitellonis Thuringopoloni *Opticæ libri decem* instaurati a Federigo Risnero, Basiliæ 1572, p. 475: table of refraction written by Thomas Harriott.

(Plate 1 and 2 are reproduced with the kind permission of the University Library, Oslo.)

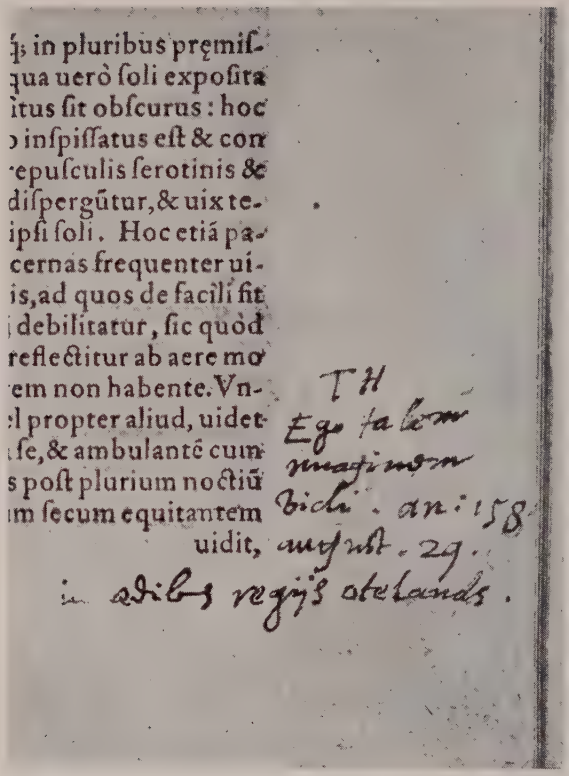
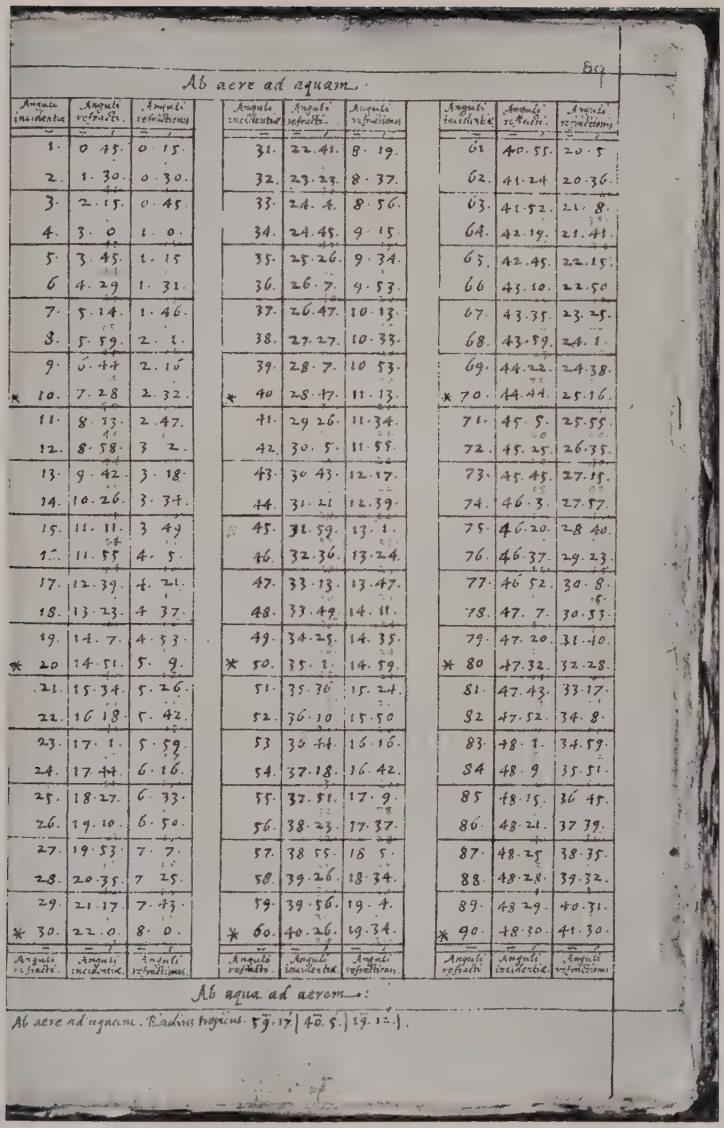


Plate 2. Marginal note by Thomas Harriott on p. 453 of Vitelo's Optics.

(University Library, Oslo.)



Ab aere ad aquam.

Anguli incidentiæ	Anguli refractæ	Anguli refractionum
1.	0 45.	0 15.
2.	1. 30.	0. 30.
3.	2. 15.	0. 45.
4.	3. 0	1. 0.
5.	3. 45.	1. 15
6	4. 29	1. 31.
7.	5. 14.	1. 46.
8.	5. 59.	2. 1.
9.	6. 44	2. 16
* 10.	7. 28	2. 32.
11.	8. 13.	2. 47.
12.	8. 58.	3 2.
13.	9. 42.	3. 18.
14.	10. 26.	3. 34.
15.	11. 11.	3 49
16.	11. 55	4. 5.
17.	12. 39.	4. 21.
18.	13. 23.	4 37.
19.	14. 7.	4. 53.
* 20	14. 51.	5. 9.
21.	15. 34.	5. 26.
22.	16 18.	5. 42.
23.	17. 1.	5. 59.
24.	17 44	6. 16.
25.	18. 27.	6. 33.
26.	19. 10.	6. 50.
27.	19. 53.	7. 7.
28.	20. 35.	7 25.
29.	21. 17.	7. 43.
* 30.	22. 0.	8. 0.
31.	22. 41.	8. 19.
32.	23. 23.	8. 37.
33.	24. 4.	8. 56.
34.	24. 45.	9. 15.
35.	25. 26.	9. 34.
36.	26. 7.	9. 53.
37.	26. 47.	10. 13.
38.	27. 27.	10. 33.
39.	28. 7.	10 53.
* 40	28. 47.	11. 13.
41.	29 26.	11. 34.
42.	30. 5.	11. 55.
43.	30 43.	12. 17.
44.	31. 21	12. 39.
45.	31. 59.	13. 1.
46.	32. 36.	13. 24.
47.	33. 13.	13. 47.
48.	33. 49	14. 11.
49.	34. 25.	14. 35.
* 50.	35. 1.	14. 59.
51.	35. 36	15. 24.
52.	36. 10	15. 50
53	36 44.	16. 16.
54.	37. 18.	16. 42.
55.	37. 51.	17. 9.
56.	38. 23.	17. 37.
57.	38 55.	18 5.
58.	39. 26.	18. 34.
59.	39. 56.	19. 4.
* 60.	40. 26.	19. 34.
61	40. 55.	20. 5
62.	41. 24	20. 36.
63.	41. 52.	21. 8.
64.	42. 19.	21. 41.
65.	42. 45.	22. 15.
66	43. 10.	22. 50
67.	43. 35	23. 25.
68.	43. 59.	24. 1.
69.	44. 22.	24. 38.
* 70.	44. 44.	25. 16.
71.	45. 5.	25. 55.
72.	45. 25.	26. 35.
73.	45. 45.	27. 15.
74.	46. 3.	27. 57.
75.	46. 20.	28 40.
76.	46. 37.	29. 23.
77.	46 52.	30. 8
78.	47. 7.	30. 53.
79.	47. 20.	31. 40.
* 80	47. 32.	32. 28.
81.	47. 43.	33. 17.
82	47. 52.	34. 8.
83.	48. 1.	34. 59.
84	48. 9	35. 51.
85	48. 15.	36 45.
86.	48. 21.	37 39.
87.	48. 25	38. 35.
88	48. 28.	39. 32.
89.	48 29.	40. 31.
* 90.	48. 30.	41. 30.

Anguli refractæ | Anguli incidentiæ | Anguli refractionum

Ab aqua ad aerem.

Ab aere ad aquam. Radius tropicus. 59. 17 | 40. 5. | 19. 12.

Plate 3. Table of refraction from MS Add. 6789 of the British Museum. (This one and the following plates are reproduced with the kind permission of the Trustees of the British Museum.)

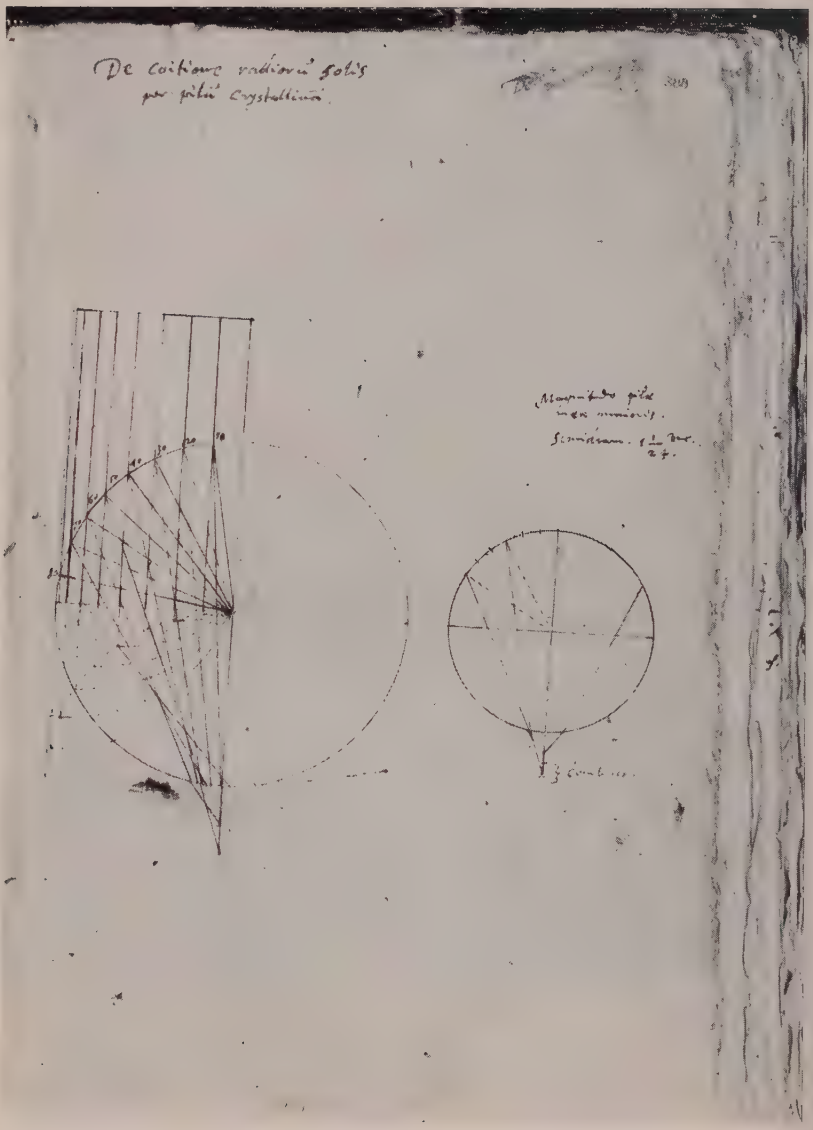


Plate 4. Refraction of parallel rays in a crystal sphere.
(MS Add. 6789, fol. 388.)

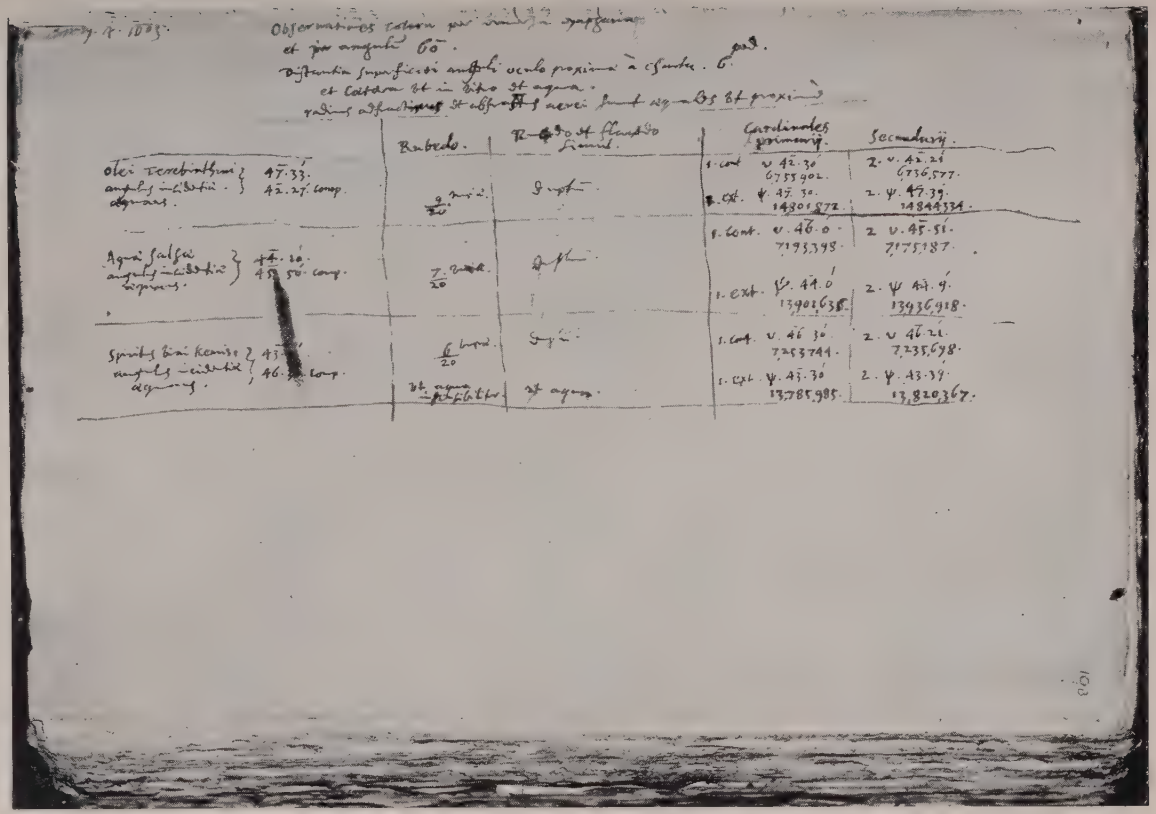


Plate 5. Dispersion of rays by passage through a hollow glass prism filled with different fluids. (MS Add. 6789, fol. 198.)

If we have interpreted the scanty information rightly (we are by no means sure of this), Harriott misunderstood the spectrum he saw, and though he got a fairly good value for the dispersion, he erroneously believed that red rays were refracted more than middle rays.

The eight volumes of manuscripts in the British Museum represent material for two books on optics and for many treatises on other topics. We do not know how much of his many projected works he wrote out carefully – with explanations. He published nothing but his early description of the newly found land of Virginia. Perhaps God did not accord him the "spare time and health" he wished for in his letter to Kepler. The medical virtues of tobacco-smoking which he praised so much, did not prevent a premature death. He died from a cancer in the lip.

Harriott's friend Warner was given a pension by Henry Percy that he might devote himself to the editing of Harriott's unfinished works. He provided the *Artis Analyticæ Praxis* with necessary commentaries and it was printed 1631. On page 180 he announced other writings of Harriott, "de quorum editione jam serio cogitatur".

For unknown reasons this project of Warner and Henry Percy was not carried out. After Warner's death the wellknown mathematician Pell (1610–1685) took care of Harriott's manuscripts (Wood: Athenæ Oxonienses 1691–92), and one of the tracts "De Motu et Collisione" was in Lord Brouncker's hands about 1670.

Fol. 21 in the Harleyan Manuscript 6001–02 (British Museum) has a note concerning the "treatise on Reflection lent to me to transcribe by S^r Th. Alesburie". There are also other indications that some of Harriott's manuscripts circulated during his lifetime.

Historians of science should try to find out how much Harriott's unprinted works influenced mathematicians and physicists. May not Wallis and Newton have profited indirectly by Harriott's rules for interpolation when they established the formulæ for $4/\pi$ and for the binomium? We can only guess, for we have not found any direct evidence. Nor do we know for certain if his discoveries on dispersion of light and on the rain-bow influenced later research.

But in any case: Harriott first of all made *systematical and accurate observations of refractions*. He was the first who knew the sine law and the first who from a correct theory computed the radius of the rainbow.

GLEANINGS ON THE NAKED SEED CONTROVERSY

by

Jacob W. Lorch*

According to Greene (1909) it was Theophrastus, who, after coining the term pericarp, gave the first scientific definition of a fruit as consisting of a pericarp and the seed or seeds which it encloses. Brunfels, Fuchs and Tragus did not, apparently, read this definition and it is only with Cordus, in the first half of the sixteenth century, that the term pericarp reappears.

Strict adherence to this definition was soon discovered to be beset with difficulty. The first conflict involving the term fruit concerns a large group of one-seeded fruits of plants in which the pistil matures into one coherent non-fleshy organ. This group includes, among others, the grasses and the Umbelliferae, i. e., all those fruits at present called caryopsis or achene, as well as related types[1].

Theoretically, these fruits lend themselves to one of three interpretations.

(1) The reduced pericarp adheres to the seed cover so closely that it is no longer possible to distinguish between the two without eleborate observational techniques.
(2) The seed is naked, covered by a seed coat, but devoid of a pericarp.
(3) Seed and fruit "contract", as it were, into a new organ for which the terms "fruit" and "seed" become tautologous.

It is surprising, indeed, that the "naked seed" interpretation, though the least acceptable to the modern mind, was originally accepted by all concerned: Morison (1672) speaks of the "seeds" of Umbellifers and so does Linné (1753) in his description of grasses.

* Department of Botany, Hebrew University, Jerusalem, Israel.

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 122–128

The most likely explanation of the choice of the "naked seed" interpretation seems to involve the tacit "classical" assumption that a pericarp is either fleshy or else splits open at maturity[2]. Yet 'logical' arguments to back up the preconceived choice of interpretation were soon forthcoming.

Thus, Blair (1720) asserts that wheat must be considered as possessing a naked seed, because peas are naked seeds, even through they possess a coat of their own, "and because of that, shall not they be called Naked Seeds". Blair disregards the circumstancial evidence afforded by the pods in which peas—unlike the grains of wheat—are borne. Granted this, his conclusion that peas and wheat grains should be included in the same category, because both possess a coherent cover which readily peels off, is not intrinsically illogical.

Ray (1703) finds naked seeds in many genera, including *Trapaeolum*, the grasses, and others. On page 131 he says that "when for ripeness they (the naked seeds in his sense) fall intact from the mother plant and never spontaneously open or expose seeds I think that what they contain is rather to be called a nucleus than a naked seed". In this he rejects the opinion of Hermann, who had previously insisted on the capsule-nature of all dry fruits, whether dehiscent or indehiscent. Stating (page 126) "that if no seed can be looked upon as naked expect that which has a single or a double coat, there is no such thing upon earth as a naked seed", Ray is nevertheless far from dogmatic. On the one hand, if—as in the Umbellifers—the fruit neither opens nor separates spontaneously then that which appears to be the capsule is to be considered as the outer tegument of the seed, and the included seed—as a nucleus (page 131). On the other hand he interprets *Malva* in a modern fashion, though after lengthy deliberations (page 86). He regards *Malva* as a "polyspermous gymnosperm", and he points out that this is not through ignorance but because he considers as naked seeds those which spontaneously separate on reaching ripeness. However, he is conscious of the far-reaching similarity between one-seeded and many-seeded plants of the *Malvaceae*, and though the fruits are different, he does not know in the least, how *Alcea* (*Althaea*) and *Malva* can be seperated. At the same time, Caesalpinus, in the synopsis attached to Ray (1703), does not accept Ray's interpretation of the fruits of *Malva*.

Ray's dilemma is perhaps most evident from the following paragraph, translated from the preface of his work: "Thus I enumerate *Cachrys* and *Pastinaca marina* with the Umbelliferous Herbs although the fruit of these plants seems to be a seed case with a seed contained inside rather than a naked seed".

Rivinus (1691), referring to *Fumaria*, is aware that "its seed may seem to be naked, because it does not throw off its cover". Yet, as he points out, "*Melilotus* is not said to have a naked seed, although ... the seed falls down with the husk". Consequently, he reckons *Fumaria* —along with *Melilotus*—among the siliquous plants. Characteristically, Rivinus does not try to convince us by a detailed anatomical analysis of the fruits of *Fumaria*, but by insisting on their similarity with the fruits of *Melilotus*. The equation of Rivinus

(1) fruit (*Fumaria*) = fruit (*Melilotus*)

does not prove the absence of a naked seed in the former unless we accept

(2) fruit (*Melilotus*) = fruit (*Siliquous Plant*),

in spite of the fact that in its fruit *Melilotus* appears to be more closely related to *Fumaria* than to typical siliquous plants. Yet the implied argument (2) receives no mention.

De Candolle (1813) includes the following resumé of the problem: "According as the pericarps are too thin, simple and small to be distinguished from the seeds ... we apply the phrases of *semina nuda* or *semina pericarpus tecta*. But more correct observation teaches us, that no seed is wholly naked or destitute of a covering. On which account those called *angiosperms* must embrace but a very small proportion". And later: "What have been called perfectly naked seeds are now called caryopses, as in grasses". (Translated in De Candolle and Sprengler, 1821).

At the face of it, this sounds very up to date—though of course not all originally "naked seeds" are caryopses. Yet it appears that the "more correct observations" referred to above are not— as might be expected— anatomical or ontogenetic, such as might lead to a distinction of seed coat and pericarp, but of a more theoretical nature. Thus the fact that the grass grain may bear at its tip remnants of the style shows that in a way the grain partakes of the nature of an orange or a plum (see De Candolle 1819). But this is by no means proof that the grass grain does indeed possess a distinct pericarp which escapes detection only because it is "too thin, simple and small". By the data available in 1820, the embryo of grasses or Umbellifers might have been enveloped by a single cover, of homogenous tissue. In that case, even an increase in the overall size of the grains would not have made it possible to distinguish between seed-coat and ovary-wall[3].

The conclusion that when referring to "more detailed observation" De Candolle thought primarily of a rather theoretical analysis is confirmed

by his frank statement in his "Theorie elementaire" (ed. 1, 1813). In the chapter "On the means which nature affords for enabling us to know organs, and thereby avoid mistakes", he says: "The first thing that we have to do in order to become acquainted with the nature of an organ is to find out whether it really performs the functions to which, by its form, it seems to be destined. Even when the form varies we must be determined by the function to assign to the organ a definite nature". (Translated in De Candolle and Sprengler, 1821). This is corroborated by the following, taken from Mirbel (1825) page 485: "M. Cassini, qui, dans son beau travail sur les Synantherées, a poussé la *puissance de l'observation* aussi loin qu'elle peut aller, rend—je ne dirai pas évidente— mais très probable l'existence primitive de trois loges dans l'ovaire des plantes de cette immense famille". And this, Cassini has done *without* seeing three loculi in the pistil of Compositae! Yet, had not Tournefort (1717), an ardent reader of Descartes, written, "que l'on comprend mieux la structure d'une machine et que l'on retient plus facilement les noms de pièces qui la composent quand on sait les usages à quoi chaque pièce est destinée" (Leroy, 1954).

It was not until 1813 that Robert Brown (1816)[4] got to the root of the problem in a discussion of the "two principal kinds of fruits improperly called naked, the achene and the caryopsis". Even so, a quarter of a century later C. F. Gaertner (1844) page 213 writes: "Der Fruchtknoten ist in seiner einfachsten Beschaffenheit das Eychen selbst", thus repeating unaltered the ideas of J. Gaertner of 1788, when he wrote on *Panicum*: "pericarpium nullum, semen nudum", (page 2) and on *Rosa*: "semina ossea ... stylo perisistenta terminata" (page 348).

Today, any first-year student is able to demonstrate the pericarp and the seed-coat of grass grains by staining a thin section with safranin, which colours the cuticles of the integument separating pericarp and seed coat. For most grasses, the problem of seed-coat *versus* pericarp has been solved, because these two organs happen to have a distinct histology and ontogeny and Robert Brown has been vindicated when he refers to the grasses as having a "pericarpium semini adnatum". However, there are some instructive exceptions.

Duval-Jouve (1866) was the first to point out that some genera of grasses, such as *Crypsis* and *Sporobolus*, have a free pericarp which releases the mature seed. Nevertheless, as late as 1941, Fisher and Schweickerdt (1941), writing on one of the achene-bearing grasses, refer to "seed", in inverted commas, when, in fact, dealing with the seed proper.

There is a similar disregard for consistency in Stapf (1904). Writing of *Melocanna bambusoides* he states that "there is no differentiation into integuments and nucellus and accordingly also no micropyle. *The ovules are, therefore, actually naked*"[5]. But a naked ovule is an ovule devoid of a cover, one which grows into a naked seed, which is not the case in *Melocanna bambusoides*.

Finally, I would like to deal briefly with *Pinus* and *Viscum*, which appear to be of particular relevance from the historical and methodological points of view.

Trew (1767, page 453), De Jussieu (1789, page 414) and, as late as 1819, de Candolle (1819, page 19) believed *Pinus* to have normal pistils, of the angiosperm type. Trew adds an illustration of the pistil of *Larix* (tab. 13 fig. 23). According to Smith (1820) this was also Linné's idea, and was accepted by Lambert (1803). De Candolle's axioms, quoted above, leave little doubt that this interpretation was the result of a rather superficial functional analysis, in the true tradition of Descartes' materialism.

It was Robert Brown (1826) who, having made careful comparative studies of the ovules in different groups of plants, first recognised the fundamental difference between the structure of the female organs and the seeds of gymnosperms on the one hand, and those of most higher plants, on the other. With his characteristic conscientiousness and evasion of generalizations, he carefully states his own and other observations which have led him to the conclusion that *Pinus* and *Cycas* have naked seeds which develop from naked ovules.

Incidentally, it is to these studies of Robert Brown that the modern sense of the term Gymnosperm, to designate a class of plants, owes its existence. First used by Brongniart (1828), as "Phanerogames gymnospermes", it was later used on its own, to include Conifers, Cycads and other groups, even though some of these were regarded as having closed ovaries (e. g. van Tieghem (1871) on Gnetales).

In *Viscum*, the situation is totally different. In this genus, which appears to be the best studied of the parasitic genera of higher plants, we are faced with a far-reaching obliteration of the orthodox structure of the floral organs. Just like other reduced organs this has attracted some of the outstanding botanists of the last century, who thus inadvertently turned the ovary of *Viscum* into a testing ground of ideologies, where rival terminologies (and temperaments) clashed.

Griffith (1845) says: "The development of the albumen in the interior of the sacs of *Viscum* and *Loranthus globosus*, and the absence of a sac

surrounding the embryo (are) circumstances which, taken together, are—so far as I know—contrary to every analogy". With cautious fairness he refers to the "nippleshaped process", which he finds in the young ovary, as "rather analogous to a placenta", believing the ovary to contain four ovules reduced to the embryo sac.

Hofmeister (1859), on the other hand, interprets this same process in the ovary (page 541) as an ovule without integument, though further on (page 601) he says that the ovule of the tropical Loranthaceae may be a placenta. Summing up, Hofmeister attributes to the Loranthaceae an orthotropous ovule, devoid of integument, which encloses four embryo sacs. Treub (1881) refutes Hofmeister—who puts the emphasis an anatomy—and categorically accepts Griffith's interpretation after making a comparison with the situation prevailing in the Santalaceae. Stating that *Viscum album* and *Viscum articulatum* are the most reduced members of the Loranthaceae he says that they are devoid of a placenta and that the embryo-sacs are formed in the axial tissue. Finally, Tubeuf (1923), in his monumental monographic study of *Viscum*, writes: "The female flower is much reduced, for it does not produce special ovules. However, as normally the ovule grows into a seed, *seeds cannot be produced either*". Yet *Viscum* spreads very successfully, and certainly not by vegetative means.

So here we are. After more than two hundred years of morphological research, after scores of expensively reproduced plates showing all possible details of the structure of the ovule in *Viscum*, we are back where we started. A seed—or, for that matter, a naked seed—is what a good morphologist or a good anatomist considers to be such. And naturally, they have every right to disagree.

Note: The author wishes to thank the British Council for the scholarship, in the course of the tenure of which this paper was prepared.

NOTES

1. The naked *fruit* of Gaertner (1788) and others, which includes fruits without hairs etc., (*Lilium*, *Laurus* etc.,) is not dealt with here.
2. At the end of chapter 18, there is an explicit statement in Theophrastus' "Historia", part I, in line with this: "No pericarp shows a rectilinear or angular circumscription."
3. The compound nature of the cover of grass grains was first demonstrated by Brongniart (1827) who investigated the ontogeny of the fruit of some species.
4. In the introduction to this paper, R. Brown says that the greater part was read in 1813; subsequently it was withdrawn "with a view of rendering it more perfect".
5. Italics in the original.

BIBLIOGRAPHY

Blair, P. (1720) Botanick Essays. London.

Brongniart, A. (1827) Mémoire sur la génération et le développement de l'embryon dans les végétaux phanérogames. 3rd part. Ann. Sc. Nat. xii, 225–298.

Brown, R. (1816) On some remarkable deviation from the usual structure of seeds and fruits. Trans. Linn. Soc. London xii, 143–152.

Brown, R. (1826) On the structure of the female flower in Cycadeae and Coniferae; in F. P. King: Voyages of Discovery undertaken to complete the Survey of the Western Coast of New Holland, between 1817–1822, vol. ii, app. 554–565.

de Candolle, A. P. and Sprengel (1821) Elements of the Physiology of Plants. Edinburgh.

de Candolle, A. P. (1813) Théorie élémentaire. Ed. 1. Paris.

de Candolle, A. P. (1819) Théorie élémentaire. Ed. 2. Paris.

de Jussieu, A. L. (1789) Genera Plantarum. Paris.

Duval Jouve, J. (1866) Etude sur le genre *Crypsis* et sur ses espèces françaises. Bull. soc. bot. Fr. XII, 317–326.

Fisher, B. S., and Schweickerdt, H. G. (1941) A critical account of the species of *Dactyloctenium* Willd. in Southern Africa. Ann. Natal Mus. xx, 47–77.

Gaertner, J. (1788) De fructibus et seminibus plantarum. Stutgardiae.

Greene, E. L. (1909) Landmarks of botanical history, part 1. Smithsonian Misc. Coll. lix. Washington.

Gaertner, C. F. (1844) Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkomenen Gewächse. Stuttgart.

Griffith, W. (1845) On the ovulum of *Santalum*, *Osyris* and *Loranthus*. Trans. Linn. Soc. London xix, 171–214.

Hofmeister, W. (1859) Zur Kenntniss der Embryobildung. Leipzig.

Leroy, J. F. (1954) Tournefort. Rev. d'hist. d. Sc. ix, 350–353.

Linnaeus, C. (1753) Species plantarum.

Lambert, A. B. (1803) The genus *Pinus*.

Morison, R. (1672) Plantarum umbelliferarum distrubutio nova. Oxonii.

Mirbel, M. (1825) Mémoire sur l'organisation du péricarpe. Ann. Sc. Nat. vi, 476–487.

Ray, J. (1703) Methodus plantàrum emendata et aucta. Londini.

Rivinus, A. Q. (1691) Ordo plantarum. Flore irregulari tetrapetalo. Lipsiae.

Smith, J. E. (1820) Article *Pinus*, in A. Rees, The Cyclopedia or Universal Dictionary of Arts, Sciences and Literature. London.

Stapf, O. (1904) On the fruit of *Melocanna bambusoides* Trin. Trans. Linn. Soc. London 2nd ser. vi, 401–426.

Tieghem, P. van (1871) Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur. Paris.

Treub, M. (1881) Observations sur les Loranthaceae. Ann. jard. Bot. Buitenzorg II, 54–77.

Trew, J. (1767) Nova Acta Nat. Curios III.

Tubeuf, F. K. v. (1923) Monographie der Mistel. München and Berlin.

Tournefort, J. P. (1717) Traité de la matière médicale. Paris. (quoted by Leroy, 1954).

CRYSTALLOGRAPHY AND CRYSTALLOGRAPHERS IN ENGLAND IN THE EARLY NINETEENTH CENTURY: A PRELIMINARY SURVEY

by

Herbert D. Deas*

With the end of the eighteenth and the commencement of the nineteenth centuries exact investigations in mineralogy first began. The mineralogist was no longer content with approximate descriptions of minerals but strove rather to separate the essential fact from those that were accidental, to discover definite laws, and to learn the relation between the physical and chemical characteristics of a mineral. The use of mathematics gave a new aspect to crystallography, and the development of the optical relationships opened a magnificent field of wonderful phenomena which can be described as a garden gay with flowers of light, charming in themselves and interesting in their relations to the forces which guide and govern the regular structures of matter. (1.1).

1. INTRODUCTION

In 1794, the Abbé St. Just Haüy published his *Essai* (2.1), which was followed seven years later by his *Traité* (2.2) in four volumes. Haüy's writings and work laid the foundation of crystallography; and his influence through his pupils and on the visitors to his lectures in Paris was considerable. In 1809 William Hyde Wollaston's invention of the *optical goniometer*, greatly increased the accuracy with which the interfacial angles of crystals could be measured, and led naturally to an increased interest in such measurements so that determinations of the interfacial angles of many crystals were reported in the scientific literature of the time very much in the way structure determinations are reported to-day. Theoretical developments in the understanding of crystal geometry followed this advance in experimental technique: in 1825 both Armand Lévy, a Frenchman resident in England, and William Whewell, of Trinity College, Cambridge, published articles which gave formulae

* Lecturer in Applied Mathematics, The University, Sheffield, England.

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 129–148

for the calculation of the interfacial angles of crystals in terms of the crystal parameters and the Miller indices of the faces, as they were called later. But it was William Hallows Miller, who, in his *Treatise on Crystallography* published in 1839, formulated crystallographic theory in a way which, though it was based on the work of others including Whewell, Naumann and Grassmann, was particularly his own; and what came to be known as *Miller's System* dominated the crystallography of the nineteenth century; and even today it is a major, though perhaps unrecognised, influence on the outlook of crystallographers.

Miller's work and its influence sets the latest limit in time to the subject matter of the present article, which is concerned mainly with crystallographers and crystallography in England in the early nineteenth century. This, like all such limitations, is necessarily somewhat arbitrary. It has the effect of excluding any direct reference to the study of the symmetry of crystals, which reached its climax in the derivation of the *crystallographic space groups* by Ferderov in Russia, Schönflies in Germany and William Barlow in England. For, though this work had its origins in the earlier work of Haüy, Fredricks Christian Hessel and Auguste Bravais, it belongs more properly to the latter half of the century.

Although the important work by Sir David Brewester and Sir William Herschel and others on *the optical properties of crystals* belongs to the earlier part of the century, it too is not considered here, for it is a distinct branch of the subject and does not appear to be immediately related to the development of crystal geometry considered here.

2. THE EARLY ENGLISH CRYSTALLOGRAPHERS

Amongst the foremost of those interested in crystallography, mineralogy and geology in England at the beginning of the nineteenth century were Henry James Brooke (1771–1857), William Phillips (1775–1828) and William Hyde Wollaston (1766–1828). Brooke abandoned his legal studies, settled in London in 1802 and engaged in the Spanish wool trade. Later he had mining interests in South America. He took up the study of mineralogy, geology and botany in his leisure hours. Phillips was also engaged in trade as a printer and bookseller, and he became a highly respected mineralogist. Both were Fellows of the *Geological Society of London* and of the *Royal Society*: Phillips was a foundation member of the *Geological Society*, though as a matter of fact he was unable to attend its first meeting on November 13th, 1807; and Brooke became a Fellow

in 1815 and a member of its Council in 1817. Wollaston did not join until 1812, but his membership is commemorated by the Wollaston Medal. All these men could and did exhibit a wide range of scientific interest: Wollaston distinguished himself in physiology, chemistry and physics; Phillips published lectures on astronomy and an address on *The Accumulation of Wealth*, which he had given to the *Society of Friends*, of which he was a member; and Brooke was a notable collector of shells and engravings and wrote on the theory of life assurance, in which he had more than a theoretical interest.

Phillips' books passed through many editions. In 1816 he published the first edition of his *Introduction to Mineralogy*, and the second and third editions came out in 1819 and 1826. In 1837, nine years after his death, a fourth "augmented" edition was produced by Robert Allen, and this formed the basis of an American edition edited by F. Alger and published in 1849. In 1852 an "entirely reconstructed" fifth edition appeared under the editorship of Brooke and William Hallows Miller. Brooke supplied measurements and specimens for this edition, but otherwise, as he said in a special preface, the work came from Miller's hand alone. It was said (2.1) that Brooke did not altogether approve of Miller's approach to the subject as he was not happy in regarding a plane as something represented by the equation $ax + by + cz = 0$. Brooke himself published in 1823 a *Familiar Introduction to Crystallography including an explanation of the principle and use of the goniometer*, and he wrote articles on crystallography and mineralogy in the *Encyclopedia Metropolitana* in which he introduced six primary crystalline systems. Phillips also published an *Outline of Mineralogy and Geology* which went through four editions in 1815, 1816, 1818 and 1826. In 1818 he published *An Outline of Facts of ... the Geology of England and Wales*; and along with William David Conybeare he wrote and published in 1822 *A Text Book of the Geology of England and Wales*, which was highly praised and became a classic: it was translated into Swedish in 1827.

In contrast to Brooke and Phillips, who were not University men and were engaged in trade, William Hyde Wollaston (1766–1828) entered Caius College, Cambridge in 1782, where he later became Senior Tutor and M.D. After practising medicine at Huntingdon he moved to London at the turn of the century. Though he retired from active practice he continued to hold office in the Royal College of Physicians, being made a *Censor* in 1798 and an *Elect* four years before his death. An interesting cameo of the personal relations of these early crystallographers is given

in a paper by Lévy (2.2) which reported on his examination of two new minerals brought back from Sicily by Herschel. Lévy proposed that they should be called *Herschelite* and *Phillipsite* in honour of Herschel and Phillips. The chemical analysis of these minerals had been carried out by Wollaston.

Wollaston was well aware of the need to improve upon the contact goniometers of his time. In the paper (2.3) describing his invention he wrote:

> From the advances that have been made of late years in crystallography, a very large proportion of mineral substances may now be recognised, if we can ascertain the angular dimensions of their external forms, or the relative position of those surfaces that are exposed by fracture. But though the modifications of tetrahedrons, of cubes, and of those other regular solids, to which the adventitious aid of geometry could be correctly applied, have been determined with the utmost precision, yet it has been often a subject of regret, that our instruments for measuring the angles of crystals are not possessed of equal accuracy, and that in applying the goniometer to small crystals, where the radius in contact with the surface is necessarily very short, the measures, even when taken with a steady hand, will often deviate too much from the truth to aid us in determining the species to which a substance belongs.

Wollaston acknowledged that a Mr. Sowerby—presumably James Sowerby (1757–1822), famous for his work on "mineral conchology"—had attempted to design an optical goniometer but had failed. Wollaston described his own successful goniometer and its use as follows:

> The instrument which I use, consists of a circle graduated on its edge, and mounted on a horizontal axle, supported by an upright pillar. This axle being perforated, admits the passage of a smaller axle through it, to which any crystal of moderate size may be attached by a piece of wax, with its edge, or intersection of the surface, horizontal and parallel to the axis of motion.
>
> This position of the crystal is first adjusted, so that by turning the smaller axle, each of the two surfaces, whose inclination is to be measured, will reflect the same light to the eye.
>
> The circle is then set to zero, or 180°, by an index attached to the pillar that supports it.
>
> The small axle is then turned till the further surface reflects the light of a candle, or other definite object to the eye; and, lastly, (the eye being kept steadily in the same place) the circle is turned by its larger axle, till the second surface reflects the same light. This second surface is thus ascertained to be in the same position as the former surface had been. The angle through which the circle has moved, is in fact the supplement to the inclination of the surfaces; but as the graduations on its margin are numbered accordingly in an inverted order, the angle is correctly shown by the index, without need of any computation.

But the optical goniometer, invented to bring experimental technique to the same level as theoretical understanding, soon created the need for

further theoretical advances. Wollaston's instrument was also the prototype of many, and the true ancestor of even the complicated goniometers of the x-ray crystallographers.

3. THE CAMBRIDGE CHAIR OF MINERALOGY

From all accounts, Edward Daniel Clarke's (1769–1822) lectures at Cambridge were a sensation. He first lectured in 1807, when, subsequent to his marriage and the necessary resignation of his Fellowship, he was looking for something to occupy his time. Just before his marriage, Clarke had travelled extensively going to places as far apart as Uppsala and the Sea of Azov; and he spent sometime on the way home in Paris, attending Haüy's lectures and receiving special tuition from him. The two hundred or so people who attended Clarke's lectures had not only his eloquence to keep them interested—Clarke himself was often carried away with it—but there were also the many and various exhibits he had collected on his travels. Moreover, there were the excitements, not to say dangers, of the special mineralogical blowpipe he had had made for himself (3.1). Clarke, who was not taken as seriously as he might have been by his contemporaries, was appointed the first Professor of Mineralogy at Cambridge in 1808 and occupied the chair until his death, writing his papers in a rather personal and literary style which was hardly typical of the time. Nevertheless he helped to found the *Cambridge Philosophical Society*, delivering an address on the aims of that society at its first general meeting on the 13th of December, 1819. At a time when mineralogy, like many other branches of natural knowledge, was progressing beyond the collecting of specimens, he seemed to combine an element of the collector's outlook with some of those of a more precise scientific approach.

On Clarke's death a difficulty arose in appointing a successor, for two opposing opinions were held in the University as to whether or not the Grace which established the Chair provided for more than one occupant. The resulting controversy, which lasted several years, has been considered in detail by Winstanley (3.2), for it was a matter of considerable importance in the history of the University. But these uncertainties do not seem to have hindered the development of mineralogy at Cambridge in any material way: in 1822 Henslow and then in 1828 Whewell were appointed during the controversy; by the time of Miller's appointment in 1832, the matter appears to have been settled; and the Chair is in existence to-day

as the Professorship of Mineralogy and Petrology, the name having been changed in 1931.

John Stevens Henslow's (1796–1861) interest in crystallography and mineralogy was based on his work on geology. In 1819 he accompanied Adam Sedgwick on a geological tour of the Isle of Wight, and in the summer vacation of that year, along with some of his students, he made a geological survey of the Isle of Man. The results of this investigation were published in the *Transactions* of the *Geological Society*, and a report of a similar tour of Anglesey was published in 1822 in the *Transactions* of the *Cambridge Philosophical Society*, which he and Sedgwick had founded in 1819. In 1827 Henslow was appointed Professor of Botany at Cambridge, but he did not resign from the Chair of Mineralogy until the next year, mainly because of the difficulties which then surrounded elections to both these positions. Henslow's previous interest in botany had not been at all considerable, but subsequently he wrote several books on British plants and counted Charles Darwin his favourite pupil: during the voyage of the *Beagle*, Henslow looked after the botanical specimens which were sent back to England.

On Henslow's resignation, William Whewell (1794–1866) became Professor of Mineralogy. Whewell's energy, ability and ambition are well known. His interest and knowledge were almost universal. From 1821 to 1832 he wrote a series of papers on crystallography, the most important of which is considered in detail in the next section; and about 1833 he began his *Studies on Tides*, which were to earn him a Royal Medal of the *Royal Society*. In 1833 he published a *Bridgewater Treatise*; and later, when Master of Trinity College, Cambridge and Professor of Moral Philosophy, he published an edition of the large work *De Jure Belli et Pacis* of the Dutch lawyer Grotius, for which he supplied an abridged translation. His linguistic ability came between him and a meeting with Wilhelm von Humboldt, for the doorman having been instructed to admit only an Englishman turned Whewell away, mistaking him for a German. Whewell is famous for having written *The History of the Inductive Sciences* and later *The Philosophy of the Inductive Sciences*; but the popularity of these works has, at times, been allowed to obscure Whewell's scientific achievements.

Compared to Whewell, whom he followed on his resignation of the professorship in 1832, William Hallows Miller (1801–1880) lived a quiet academic life of teaching and research. He became a Fellow of the *Royal Society* in 1838, he was its Foreign Secretary from 1856 to 1873,

and in 1870 he was a Royal Medallist. In that year he was appointed to the *Commission Internationale du Mètre*, for which he did important work. Miller had other interests than crystallography: early in his career he published a book on mechanics; and he played an important part in re-establishing the Parlamentary standards of length and mass, after their destruction by fire in 1834.

4. WILLIAM WHEWELL'S PAPER OF 1825

The general state of crystallographic theory about 1825 can be seen from Whewell's paper *A general Method of Calculating the Angles made by any Planes of Crystals, and the Laws according to which they are formed* (4.1), headed as having been read before *the Royal Society* on November 25th, 1824. The first paragraph of this paper is as follows:

> It has been usual to calculate the angles of crystals and their laws of decrement from one another, by methods which were different as the figure was differently related to its nucleus; which were consequently incapable of any general expression or investigation, and which had no connection with the notation by which the planes of the crystals were sometimes expressed. And the notation which has hitherto been employed, besides being merely a mode of registering the laws, without leading to any consequences, is in itself very inelegant and imperfect. The different modes of decrement are expressed by means of different arbitrary symbols; and these are combined in a manner which in some cases, as for instance in that of intermediary decrements, is quite devoid both of uniformity, and indeed, it may be added, of precision. The object of the present paper is to propose a system which seems exempt from these inconveniences, and adapted to reduce the mathematical portion of crystallography to a small number of simple formulae of universal application. According to the method here explained, each plane of a crystal is represented by a symbol indicative of the laws from which it results; the symbol, by varying the indices only, may be made to represent any law whatever: and by means of these indices, and of the primary angles of the substance, we obtain a general formula, expressing the dihedral angle contained between any *one plane* resulting from crystalline laws, and any *other*. In the same manner we can find the angle contained between any *two edges* of the derived crystal. Conversely, knowing the plane or dihedral angles of any crystal, and its primary form, we can by a direct and general process deduce the laws of decrement according to which it is constituted. The same formula are capable of being applied to the investigation of a great variety of properties of crystals in various kinds, as will be shown in the sequel. We shall begin with the consideration of the rhomboid, and the figures deduced from it; and we shall afterwards proceed to other primary forms.

Whewell's paper—which did what its author claimed for it—laid the foundations of mathematical crystallography. Previously some "adventi-

tious" use had been made of geometrical ideas, but, by making use of coordinate geometry, Whewell was the first to treat the matter with full mathematical generality.

The mathematical basis of Whewell's paper was an undoubtedly formidable expression for the angle between two planes whose equations are given relative to oblique axes *OXYZ*. This formula, which he himself had derived in an earlier paper (4.2), anticipated the similar formula based on the notion of a reciprocal lattice. Whewell's formula asserts that if θ is the angle between the two planes (i. e. the supplement of the angle between their normals) with equations

$$\begin{aligned} Ax + By + Cz &= m, \\ A'x + B'y + C'z &= m', \end{aligned} \tag{4.1}$$

then

$$\cos\theta = -\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{MN}} \tag{4.2}$$

where:

$$\mathrm{L} = \frac{AA'}{d^2} + \frac{BB'}{c^2} + \frac{CC'}{f^2} - \\ - \frac{A'B + AB'}{de}\cos\gamma - \frac{A'C + AC'}{df}\cos\beta - \frac{B'C + BC'}{ef}\cos\alpha, \tag{4.3}$$

$$\mathrm{M}^2 = \frac{A^2}{d^2} + \frac{B^2}{e^2} + \frac{C^2}{f^2} - \frac{2AB}{de}\cos\gamma - \frac{2CA}{df}\cos\beta - \frac{2BC}{ef}\cos\alpha, \tag{4.4}$$

$$\mathrm{N}^2 = \frac{A'^2}{d^2} + \frac{B'^2}{e^2} + \frac{C'^2}{f^2} - \frac{2A'B'}{de}\cos\gamma - \frac{2C'A'}{df}\cos\beta - \frac{2B'C'}{ef}\cos\alpha; \tag{4.5}$$

and where α is the dihedral angle at the x-axis between the planes xy and xz, β and γ the similar angle at the axis y and the axis z; and where d is the cosine of the angle which a line perpendicular to the plane yz makes with x, e is the cosine of the angle which a line perpendicular to xy makes with z, and f is the cosine of the angle which a line perpendicular to xy makes with z. Whewell's paper consists of a systematic exploitation of this formula to give the interfacial angles of a crystal with any "nucleus".

This result became immediately applicable to the geometry of crystal faces when it was shown that a crystal face can be represented either by the equation

$$\frac{x}{h} + \frac{y}{k} + \frac{z}{l} = 1 \tag{4.6}$$

or

$$px + qy + rz = \mathrm{m} \tag{4.7}$$

where all the coefficients are integers. Whewell's manner of establishing this is of some interest. It was as follows:

> Let there be a rhomboid, *A*, *a*, divided into a number of small equal rhomboids by planes parallel to its faces. Let anyone of the points of division of each of its three upper edges be taken as *P*, *Q*, *R*; and let a plane pass through these three points *P*, *Q*, *R*. Let the small rhomboids which are above this plane be removed, so as to leave a uniform assemblage of cavities. Then, the remaining surface *PQR*, being composed of the trihedral angles of small rhomboids, if we suppose the small rhomboids to become smaller than the least distinguishable magnitude, the surface *PQR* will appear a plane. And if we suppose these rhomboids to represent the primary form of a crystalline body, *PQR* will be a secondary surface deduced from a certain arrangement of these primary elements.

It would be difficult to improve on the clarity of Whewell's style. He continued:

> Let the upper edges of the rhomboid, *Ax*, *Ay*, *Az* be considered as three axes of coordinates; and let the corresponding coordinates be *x*, *y*, *z*. If, for instance, we consider an edge of the small rhomboid as unity ... and if the numbers of small rhomboids in *AP*, *AQ*, *AR* be respectively *h*, *k*, *l* the equation to the plane will be
>
> $$\frac{x}{h} + \frac{y}{k} + \frac{z}{l} = 1.$$
>
> If *h*, *k*, *l* be multiplied by any common quantity *m*, so that the equation becomes
>
> $$\frac{x}{mh} + \frac{y}{mk} + \frac{z}{ml} = 1,$$
>
> or
>
> $$\frac{x}{h} + \frac{y}{k} + \frac{z}{l} = m,$$
>
> it is clear that the plane *PQR* will continue parallel to its former position, and may be considered as deduced from the same law as before ....
>
> Since therefore the direction of the plane *PQR* is completely determined by the three quantities *h*, *k*, *l*, we may represent it by writing those three quantities thus $\frac{1}{h}; \frac{1}{k}; \frac{1}{l}$; or if the equation be $px + qy + rz = m$, we may represent the plane by the symbol $(p; q; r)$.

The general principles of Whewell's paper are now evident and his detailed working out of their consequences need not be considered here:

in a simple manner he extended his results to more general parallelipipeds than the rhomboid and considered particular examples of how angles could be calculated and symbols assigned to faces. The outstanding feature of Whewell's approach was his picture of a crystal as being made up of small equal parallelipipeds which he supposed "to become smaller than the least distinguishable magnitude". This approach had its origins in the earlier work of Haüy, and it came very near indeed to the modern notion of a lattice. Whewell stated in a footnote that he preferred to use the coefficients p, q, r of equation (4.7) to index a crystal face rather than h, k, l of equation (4.6) on the ground that expressions involving p, q, r are more elegant than the equivalent expressions in terms of h, k, l. The indices p, q, r are, of course, what are now known as the *Miller indices* of the plane; and in terms of lattice geometry, they are the coordinates, relative to the reciprocal basis, of a vector normal to the plane.

The results of Whewell's paper are more general than those given in the paper published by Armand Lévy (1794–1841), a pupil of Haüy, in the *Edinburgh Philosophical Journal* in 1825 (Whewell dated this paper as 1822 in his own paper, but this appears to be an error). Whewell followed his paper with several others in the *Transactions* of the *Cambridge Philosophical Society* on the notation and nomenclature of crystallography; and at the 1832 meeting of the *British Association*, he gave the *Report on Mineralogy*. Whewell's contribution to crystallography has perhaps been undervalued in the past, in spite of its being so near to modern ideas. This may have been because it served as a stepping stone to the work of Miller.

5. MILLER'S TREATISE

The starting point of Miller's *Treatise* (5.1) was the following complete and concise statement of *the Law of Rational Indices of Crystal Faces*:

> Through any point O within the crystal, let planes be drawn parallel to each of its faces and cleavage planes. Let OX, OY, OZ be any three intersections of those planes, not all in one plane; and let any face or cleavage plane meet OX, OY, OZ in A, B, C. Then, if any other face or cleavage plane meet OX, OY, OZ in H, K, L, and if we consider HO, KO, LO to be positive or negative according as they are measured in the same directions as AO, BO, CO, or in different directions, it will be found that

$$\frac{1}{h}\frac{AO}{HO} = \frac{1}{k}\frac{BO}{KO} = \frac{1}{l}\frac{CO}{LO},$$

where h, k, l may be any positive or negative whole numbers, one or two of which may be zero.

When one of the numbers h, k, l becomes zero, one of the distances HO, KO, LO corresponding, becomes infinitely great, and, therefore, is parallel to the line along which that distance is measured.

In this statement Miller achieved a remarkable degree of clarity with an admirable economy of words and simplicity of style; and in the long history of the *Law*, both before and after Miller's time, it is doubtful if anyone ever stated it so well as he. In his *Treatise* Miller asserted this law as an axiom; no proof or evidence was offered to substantiate it; and no attempt was made to relate it to a possible internal lattice structure. Its importance lay in the laws which could be deduced from it, and its verification was to be found in the agreement of these laws with observations on real crystals. But in spite of its apparent "operational" nature, the *Law* itself does not correspond immediately to the sort of observations which crystallographers usually make either then or now; and it certainly did not give at once a practical method for indexing a given crystal. It is a general statement whose value lies in the coherence it gives to the system. In the *Advertisement* to the book, Miller acknowledged that the notation of his *Treatise* was taken from the paper by Whewell which has been considered here and then he continued:

> The method of indicating the positions of the faces of a Crystal by the points in which radii drawn perpendicular to the faces meet the surface of a sphere, was invented by Professor Neumann of Königsberg (Beiträge zur Krystallonomie) and afterwards, together with the notation, reinvented independently by Grassmann (Zur Krystallonomie und geometrischen Combinationslehre). The use of this method led to the substitution of spherical trigonometry for the process of solid and analytical geometry in deducing expressions for determining the positions of the faces of crystals and the angles they make with each other. The expressions which in this Treatise have thus been obtained, are remarkable for their symmetry and simplicity, and are all adapted to logarithmic computation. They are, it is believed, for the most part new.

First, it is necessary to acknowledge here the limitations of this preliminary survey, because it would be desirable to consider in detail the influence of the German and other European crystallographers upon the development of crystallography in the British Isles. This is far from an unimportant aspect, for early in the century German geological theories excited much interest in Edinburgh and in 1868 Miller himself published a paper *On the Crystallographic Method of Grassmann* (5.2). But these considerations and even the discussion of the details of developments in England must be left to later studies.

However the outstanding element in the last quotation is the satisfaction with which Miller regarded the revolution which replaced the methods of coordinate geometry with those of spherical trigonometry. Modern crystallographers may not regard this change in quite the same light; but in Miller's hands spherical trigonometry was a powerful tool with which he obtained many important results. Apart from the question of the mathematical elegance and ease of this method, the change had much to commend it, for what crystallographers could and did measure were angles. In the first chapter of his *Treatise* Miller deduced his general theory of crystal geometry and subsequent chapters consider the application of these results to six different crystal systems called the *octahedral*, *pyramidal*, *rhombohedral*, *prismatic*, *oblique prismatic* and *double oblique prismatic*. There is a chapter on twin crystals, one on goniometers and a final chapter on the making of drawings of crystals.

Throughout the whole *Treatise*, Miller made continual use of the indices h, k, l of the face of a crystal defined by the *Law of Rational Indices*; but, of course, he did not refer to them as *Miller indices*. The justification of so calling them may well be that Miller's system gave them a wide currency, but evidently they had been used much earlier (Whewell's p, q, r are equivalent to Miller's h, k, l): in any case Miller deserves to be remembered. One use Miller made of the indices is of particular interest in view of later developments. After stating that "when three or more faces of a crystal have their poles in the same great circle they are said to form a zone" he showed by spherical trigonometry that if $[u, v, w]$ is the symbol of the zone containing the faces (h, k, l) and (p, q, r) then

$$u = kr - lq, \quad v = lp - hr, \quad w = hq - kp.$$

He then suggested that this zone can also be denoted by $[hkl, pqr]$, so he could have written, though he did not do so:

$$[hkl, pqr] = [kr - lq, lp - hr, hq - kp].$$

On comparing this formula with equation (6.12) of the next section, it can be seen that Miller anticipated, after a fashion, the vector product of two vectors. Since the history of the vector product and indeed the vector product itself is curious, a natural occurrence of it, so to speak, is not without interest.

Miller's *Treatise* presented a *deductive system of crystallography*, organised mainly by arguments making use of spherical trigonometry.

The virtue of such a system is the coherence it gives to otherwise isolated facts and relations; and it is perhaps both true and regrettable that those who came after Miller were more interested in these results than in their coherence as a system.

6. NINETEENTH AND TWENTIETH CENTURY CRYSTALLOGRAPHY: COMPARISONS

The main object of an historical enquiry such as the present is to cast light upon present day theory and practice, though, of course, other aims may be achieved at the same time. The outlook and ideas of nineteenth century crystallographers influence the present-day presentations of crystallography, and an analysis of these influences may lead to a more accurate and more economically expressed formulation. To consider an apparently trivial example, the *Law of Rational Indices* was formulated in the nineteenth century as an assertion about crystal *faces*, but in modern usage it is effectively a law about *lattice planes*. This draws attention to the fundamental difference between the outlook of nineteenth and twentieth century crystallography. For modern crystallographers there is no doubt about the lattice structure of crystals and in practice the possession of such a lattice structure is the sole criterion for a piece of matter to be called crystalline. On the other hand the nineteenth century crystallographer could consider only the external forms of crystals and his main interest was naturally the geometry of crystal faces. Modern crystallographers are likewise faced with considering the external forms of crystals, and it is therefore useful to investigate the outlook, methods and problems of nineteenth century crystallography in terms of modern lattice geometry. This is a stringent test because the nineteenth century crystallographers were thorough scientists.

In considering the history of a science, it is erroneous to overlook the development in mathematical techniques for, although often these may be considered less significant than the discoveries of experimental investigation, they influence considerably the formulation of the science. At least the invention of vector analysis has an importance for crystallography that should not be overlooked, since it made possible an elegant mathematical theory of the geometry of lattices, which in this section is used to consider the work of both Whewell and Miller.

Let $\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$, $\mathbf{a}_3$ denote the basic vectors of the direct lattice and let $\mathbf{b}^1$, $\mathbf{b}^2$, $\mathbf{b}^3$ denote the vectors reciprocal to them. Let

$$r = [r] = [r^1, r^2, r^3] = r^1\mathbf{a}_1 + r^2\mathbf{a}_2 + r^3\mathbf{a}_3, \tag{6.1}$$

denote a vector expressed by coordinates relative to the direct basis, and let

$$r = (r) = (r_1, r_2, r_3) = r_1\mathbf{b}^1 + r_2\mathbf{b}^2 + r_3\mathbf{b}^3 \tag{6.2}$$

denote the same vector relative to the reciprocal basis. A vector $\xi = [\xi^1, \xi^2, \xi^3]$ is called a *direct lattice vector* if ξ^1, ξ^2, ξ^3 are integers, a *prime direct lattice vector* if ξ^1, ξ^2, ξ^3 are relatively prime, and a *positive vector* if its first non-zero coordinate is positive. A plane through any three non-collinear *direct lattice points*, i. e. points with direct lattice vectors as position vectors relative to an origin 0, is called a *direct lattice plane.* Similar definitions hold for the reciprocal lattice. The first fundamental theorem of lattice geometry is the following.

THEOREM A. (a) *The equation of a direct lattice plane can be written as* $r \cdot \gamma = N$ *where* γ *is a positive prime reciprocal lattice vector and N is an integer.* (b) *Conversely if* γ *is any positive prime reciprocal lattice vector and N is any integer, then* $r \cdot \gamma = N$ *is the equation of direct lattice plane.* (For a proof see reference (6.1)).

The positive prime reciprocal lattice vector $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$ is called the *Miller index vector* of the plane and $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ its *Miller indices.* If ξ and χ are the Miller index vectors of two direct lattice planes, then the angle $(\xi \cap \chi)$ between the two planes, i. e. the angle between their normals, is given by the equation,

$$\cos(\xi \cap \chi) = \frac{\xi \cdot \chi}{|\xi|\ |\chi|}, \tag{6.3}$$

where, evaluating the scalar products in the usual way and putting $\mathbf{b}^i \cdot \mathbf{b}^j = b^{ij}$,

$$\xi \cdot \chi = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} b^{ij}\, \chi_i\, \xi_j, \tag{6.4}$$

$$|\xi|^2 = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} b^{ij}\, \xi_i\, \xi_j, \tag{6.5}$$

$$|\chi|^2 = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} b^{ij}\, \chi_i\, \chi_j. \tag{6.6}$$

The numbers b^{ij} are called the *elements* of the *reciprocal metric* and they are evidently simply related to the linear and angular parameters of the reciprocal lattice. They are also simply related to the *elements* $a_{ij} = \mathbf{a}_i \cdot \mathbf{a}_j$ of the *direct metric* for the 3×3 matrices (a_{ij}) and (b^{ij}) can be

shown to be reciprocal. These formulae are sufficient to give the angles between any two lattice planes and hence any two crystal faces on the usual assumption that a crystal face is a lattice plane. However the *Miller index vector* ξ *of a crystal face* (as distinct from a lattice plane) is defined as the prime reciprocal lattice vector perpendicular to the face and such that its direction is from an interior point of the crystal to the face, i. e. is chosen positive or negative to make N positive in the equation $r \cdot \xi = N$ of the face.

If ξ and χ are Miller index vectors of two crystal faces, then the angle $(\xi \cap \chi)$ given by equation (6.3) is usually acute. But Whewell's formula is for the other angle between the planes, usually obtuse, and so is given by

$$\cos \theta = - \frac{\xi \cdot \chi}{|\xi| \ |\chi|}. \tag{6.7}$$

This is shown to be equivalent to equation (4.2) when it is established that

$$\xi \cdot \chi = \mathrm{L}, \quad |\xi| = \mathrm{M}, \quad |\chi| = \mathrm{N}. \tag{6.8}$$

That this is so can be seen from the observations that:

$$\begin{aligned} - \cos \alpha = \frac{\mathbf{b}^2 \cdot \mathbf{b}^3}{|\mathbf{b}^2| \ |\mathbf{b}^3|} = \frac{\mathbf{b}^2 \cdot \mathbf{b}^3}{b_2 b_3}, \; - \cos \beta = \frac{\mathbf{b}^2 \cdot \mathbf{b}^1}{b_3 b_1}, \; - \cos \gamma = \\ = \frac{\mathbf{b}^1 \cdot \mathbf{b}^2}{b_1 b_2}, \; d = \frac{\mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{b}^1}{|\mathbf{a}_1| \ |\mathbf{b}^1|} = \frac{1}{a_1 b_1}, \; e = \frac{1}{a_2 b_2}, \; f = \frac{1}{a_3 b_3}, \end{aligned} \tag{6.9}$$

where $a_1 = |\mathbf{a}_1|$, $b_1 = |\mathbf{b}^1|$, etc. Hence

$$\begin{aligned} b^{11} = (b_1)^2 = \frac{1}{d^2 (a_1)^2}, \\ b^{22} = (b_2)^2 = \frac{1}{e^2 (a_2)^2}, \\ b^{33} = (b_3)^2 = \frac{1}{f^2 (a_3)^2}, \end{aligned} \tag{6.10}$$

and

$$\begin{aligned} b^{23} = \mathbf{b}^2 \cdot \mathbf{b}^3 = - b_2 b_3 \cos \alpha = - \frac{\cos \alpha}{efa_2 a_3}, \\ b^{31} = \mathbf{b}^3 \cdot \mathbf{b}^1 = - b_3 b_1 \cos \beta = - \frac{\cos \beta}{fda_3 a_1}, \\ b^{12} = \mathbf{b}^1 \cdot \mathbf{b}^2 = - b_1 b_2 \cos \gamma = - \frac{\cos \gamma}{dea_1 a_2}. \end{aligned} \tag{6.11}$$

Substituting these expressions in (6.4), (6.5), (6.7), the equations (6.8) are seen to follow when $a_1 = a_2 = a_3$, as Whewell's formula (4.2) is for this special case. Though the two formulae (4.2) and (6.7) are equivalent, the approach using reciprocal vectors is more easily understood than Whewell's method.

It has already been pointed out in the last section that, in his *Treatise*, Miller made no use of the possibility of crystals possessing an internal lattice structure: his starting point was the *Law of Rational Indices of Crystal Faces* which was stated without any attempt at a proof and its justification was to be found in the agreement of the deductions based on it with observation. In fact, having abandoned coordinate geometry in favour of spherical trigonometry, Miller was in no position to consider a lattice structure. But it is now natural to enquire if Miller's statement of the *Law* can be obtained as a theorem of lattice geometry on the simple and usual assumption that crystal faces are lattice planes. The generality of the *Law* as stated by Miller should not be overlooked. The results of Whewell's paper depend upon the axes and reference planes being chosen parallel to the edges and faces of the "nucleus" or basic parallelipiped, while Miller's statement is about any three faces of the crystal whose intersections are not coplanar. To this extent Miller's *Treatise* is an advance upon Whewell's work, and using Whewell's mathematical methods it might be difficult, or at least inelegant to establish the completely general form of the *Law*. However, the vector methods of lattice geometry provide a simple proof.

This is achieved by first proving that *the line of intersection of two direct lattice planes is parallel to a positive prime direct lattice vector.* For if the planes have Miller index vectors

$$\xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3),\ \eta = (\eta_1, \eta_2, \eta_3),$$

then their line of intersection is parallel to

$$\xi \wedge \eta = v_b\,[\xi_2\eta_3 - \xi_3\eta_2,\ \xi_3\eta_1 - \xi_1\eta_3,\ \xi_1\eta_2 - \xi_2\eta_1], \qquad (6.12)$$

where $v_b = \mathbf{b}^1 \cdot \mathbf{b}^2 \wedge \mathbf{b}^3$. But, since ξ_1, ξ_2, ξ_3 and η_1, η_2, η_3 are integers, this is parallel to a direct lattice vector and so parallel to a positive prime direct lattice vector.

By the result just proved, OX, OY, OZ, the three non-coplanar intersections of the three planes of Miller's statement of the *Law*, are parallel to three non-coplanar positive prime direct lattice vectors which may be denoted by $\tilde{\mathbf{a}}_1$, $\tilde{\mathbf{a}}_2$, $\tilde{\mathbf{a}}_3$. Suppose $\chi = (\chi_1, \chi_2, \chi_3)$ is the Miller index

vector of the crystal face which cuts OX, OY, OZ in the points A, B, C respectively: such a vector exists for any crystal face by *Theorem A* since the crystal face is a lattice plane. This crystal face has equation,

$$r \cdot \chi = N_\chi, \tag{6.13,}$$

where N_χ is some integer. The points A, B, C have position vectors $x_1\tilde{\mathbf{a}}_1$, $x_2\tilde{\mathbf{a}}_2$, $x_3\tilde{\mathbf{a}}_3$ where x_1, x_2, x_3 are numbers such that

$$x_1\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi = x_2\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi = x_3\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi = N_\chi. \tag{6.14}$$

Hence the *signed intercepts* OA, OB, OC of this plane on the axes OX, OY, OZ are $x_1\,|\tilde{\mathbf{a}}_1|$, $x_2\,|\tilde{\mathbf{a}}_2|$, $x_3\,|\tilde{\mathbf{a}}_3|$ which are equal to

$$OA = \frac{N_\chi}{(\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi)}\,\tilde{\mathbf{a}}_1, \quad OB = \frac{N_\chi}{(\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi)}\,\tilde{\mathbf{a}}_2, \quad OC = \frac{N_\chi}{(\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi)}\,\tilde{\mathbf{a}}_3, \tag{6.15}$$

where $\tilde{\mathbf{a}}_1 = |\tilde{\mathbf{a}}_1|$ etc. Similarly, any other plane (or crystal face) with Miller index vector γ has equation $r \cdot \gamma = N_\gamma$, where N_γ is an integer. And if it cuts the axes OX, OY, OZ at the points H, K, L, then the signed intercepts it makes on these axes are:

$$OH = \frac{N_\gamma}{(\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \gamma)}\,\tilde{\mathbf{a}}_1, \quad OK = \frac{N_\gamma}{(\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \gamma)}\,\tilde{\mathbf{a}}_2, \quad OL = \frac{N_\gamma}{(\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \gamma)}\,\tilde{\mathbf{a}}_3. \tag{6.16}$$

These equations, together with the previous set, give

$$\frac{OA}{OH} = \frac{N_\chi}{N_\gamma}\frac{(\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \gamma)}{(\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi)}, \quad \frac{OB}{OK} = \frac{N_\chi}{N_\gamma}\frac{(\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \gamma)}{(\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi)}, \quad \frac{OC}{OL} = \frac{N_\chi}{N_\gamma}\frac{(\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \gamma)}{(\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi)}. \tag{6.17}$$

Hence it follows that

$$\frac{1}{h}\frac{OA}{OH} = \frac{1}{k}\frac{OB}{OK} = \frac{1}{l}\frac{OC}{OL} = \frac{1}{f}, \tag{6.18}$$

where:

$$\begin{aligned} h &= (\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \gamma)\ (\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi), \\ k &= (\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \gamma)\ (\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi), \\ l &= (\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \gamma), \\ f &= (N_\gamma/N_\chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_1 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_2 \cdot \chi)\ (\tilde{\mathbf{a}}_3 \cdot \chi). \end{aligned} \tag{6.19}$$

Since χ and γ are reciprocal lattice vectors and $\tilde{\mathbf{a}}_1$, $\tilde{\mathbf{a}}_2$, $\tilde{\mathbf{a}}_3$ are direct lattice vectors, all the scalar products occurring in the expressions (6.19) are integers and so h, k, l are integers and f is a rational number. This

completes the proof. (In the equations (6.18) the order of the letters differ from Miller's version).

That Miller's statement of the *Law* can be established as a theorem of lattice geometry means that the results which Miller derived from it have also the status of theorems of lattice geometry, when it is assumed that crystal faces are lattice planes and any lattice plane may be a crystal face. However most of these results can now be obtained more readily by other methods, for the basic theorems of spherical trigonometry are included in the identities of vector theory. Since in Miller's *Treatise* the importance of the *law* lies not in itself but in the deductions made from it, it is now apparent that, in a modern treatment of crystal geometry based on the assumption of a lattice structure, the *Law of Rational Indices* as stated by Miller is unnecessary. Its place is taken by *Theorem A* with its geometrical picture of each direct lattice plane and crystal face being perpendicular to a reciprocal lattice vector and of a sequence of lattice planes perpendicular each reciprocal lattice vector. *Theorem A* contains the *Law* as one of its consequences—this has just been shown—but the *Law* does not contain *Theorem A* for only *part* (a) of the theorem can be deduced from the *Law* and that not completely since, for example, it cannot be shown in this way that N is an integer. *Part* (b) of *Theorem A* cannot be obtained from the *Law* at all so that it is impossible to deduce a lattice structure from the *Law* which is concerned with only the orientation and not the position in space of the crystal faces and cleavage planes. In passing it may be noted that the proof of *part* (b) of the theorem uses the methods of the *elementary theory of numbers*, which is naturally of considerable importance in establishing the main results of lattice geometry.

Miller's presentation of crystallography appears therefore to have been both an advance upon Whewell's work and a deflection from it. In the final analysis, it could not deal naturally and easily with the notion of a crystal lattice. It was not, of course, until the lattice structure of crystals was firmly established that Miller's system could be seen for the *cul de sac* which it was, but in the mean time it had done valuable service.

7. CONCLUSION

The system of crystallography propounded in his *Treatise* by William Hallows Miller was considered superior by nineteenth century crystallographers such as Whewell (7.1). In this the nineteenth century crystall-

ographers may well have been right. But the main defect of Miller's system, from a modern point of view, is that it eliminated entirely the notion of a lattice which was present in Whewell's work. A story is told of the dismay of a pioneer x-ray crystallographer when he realised that he was involved in having to learn the classical crystallography of the nineteenth century; and his alarm would have been greater if he had realised that one of its tendencies was to eliminate that very notion of lattice structure which made crystals so interesting to him. It is, of course, true that other considerations, particularly those of symmetry, had been bringing the notion of a lattice to the fore; and indeed the prevalence of the notion of a lattice led to crystals being used as a diffraction grating for x-rays. Nevertheless, if a modern crystallographer had to choose between Whewell's or Miller's starting point, he would undoubtedly favour the earlier approach. What Whewell lacked was the mathematical techniques of vector analysis and number theory to investigate lattice geometry, for, had he been able to apply these with the same skill as he deployed the methods of coordinate geometry, the development of crystallography would have been very different indeed, and much more suited to the subsequent development of x-ray crystallography. It cannot, of course, be said that events took the wrong turn or that Miller or anyone else was short-sighted—such a conclusion, even if valid, is hardly helpful; but what can be done is to note this curious turn in the history of the ideas of crystallography and to guard against its having adverse effects upon present day presentations and developments.

The author is indebted to Professor W. H. G. Armytage for encouragement and critical comments, and to the staff of the Sheffield University Library for their assistance.

8. REFERENCES

1.1. von Kobell, Franz, *Geschichte der Mineralogie*, quoted in *A Century of Science in America*, Newhaven, (Yale Univ. Press), 1918, p. 270.

1.2. Haüy, René St. Just, *Essai d'une théorie sur la structure de crystaux, appliquée à plusieurs genres de substances crystallées*, Paris, 1794.

1.3. Haüy, René St. Just, *Traité de Minéralogie*, Paris, 1801.

2.1. Obituary Notice. Proc. Roy. Soc. IX, 41–44, 1857–9.

2.2. See review Edinburg Philosophical Journal 14, 1825, p. 174.

2.3. Wollaston, W. H., Phil. Trans. Roy. Soc. 1809, p. 253–258.
3.1. Gunther, R. T., *Early Science in Cambridge*, Oxford, 1937, p. 440.
3.2. Winstanley, D. A., *Early Victorian Cambridge*, Cambridge, England, 1940.
4.1. Phil. Trans. Roy. Soc. 1825, p. 870–130.
4.2. Trans. Camb. Phil. Soc. Vol. II, pp. 197–202.
5.1. Miller, W. H., *Treatise on Crystallography*, Cambridge, England, 1839.
5.2. Proc. Camb. Phil. Soc. Vol. II, pp. 75–99, 1868.
6.1. Deas, H. D. and Hamill, C. M., Acta. Cryst. 10, 541–2, 1957.
7.1. See Whewell, W. *The History of the Inductive Sciences*, Vol. III, 2nd Ed. London, 1847.

CLAY AND ITS TECHNOLOGY IN ANCIENT MESOPOTAMIA

by

Martin Levey*

In ancient Mesopotamia, the most important use of clay involved its property of being plastic when moist but permanently hard when baked or fired. Of the three main groups of clay minerals, kaolinite, montmorillonite, and potash clay, it is primarily the former which is known for its plastic property[1]. Kaolinite is $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ most commonly although it has related compositions.

The basin between the fold mountains of Persia and the plateau of Arabia makes up a large part of Mesopotamia. A rapid rock decay of the Persian mountains has been brought about over thousands of years by heavy rainfall. As a result, a rich and fertile alluvium has been carried down to the plain. On the west, the Mesopotamian plain is arid being close to the desert. Everywhere, the plain is extremely flat with a transverse slope away from the rivers – the Tigris and Euphrates. This was a fortunate occurrence since this gradient helped to allow perennial irrigation on a large scale. In this way, the ancient civilizations became possible. The alluvial plain occupies about one sixth of the whole area of Mesopotamia, about 35000 square miles[2].

Living in this clay-rich plain, it is therefore not at all surprising that the Sumerians made such widespread use of it. Some of these uses will be discussed; the technological evidence will be elucidated primarily from the Sumerian and Akkadian literature.

* Institute for Advanced Study, Princeton, N.J., and Temple University, Philadelphia, Pa. The author is indebted to the American Philosophical Society and to the Committee on Research, Temple University for financial assistance in this work. The following lexical list materials with corrections are mainly from the files of the Assyrian Dictionary of the Oriental Institute, University of Chicago: ḪARRA, DIRI, ḪAR.GUD, A' = *idu*, *nabnitu*.

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 149–156

A number of words for clay appear in the lexical list literature of ancient Mesopotamia[3]. In one list[4], for example, there are given:

Sumerian	Akkadian	Engl. transl.
IM	*di-du*	clay
IM.A.SUD	»	»
IM.SAḪAR	»	»
IM.SAḪAR.TUR	»	»

Colored clays were well known as for example pure red clay[5]; dark yellow clay is in a list[6] which reads:

IMI.SIG$_7$.SIG$_7$ *egû*

These were probably used as paints. Gray clay is listed in the various forms of clay in another tablet which also mentions hard, polished, fine, dry, and mixed clays[7].

Ordinarily, clays must be treated to have the same consistency throughout and should have as much of the foreign matter picked out as possible, or also have added the necessary materials to the clay. There is no evidence that any type of clay cleaner or wash mill was used to sieve or wash out the clay and finer particles. Pure earth (*epirê ḫá el-lu-ti*) was used for a clean pure clay in a historical inscription[8]. Otherwise, it was necessary to prepare the clay for working for its specific use. After it was dug from the clay quarry (BU.UR, ideogram is BÚR, *na-pa-lu šá šat-pi* = to dig in a clay quarry[9]), it was mixed with different materials:

IM.RI.ḪA.MUN.RAT.RAT *ma-ḫa-ṣu šá ḫa-pi* = to form mixed clay[10]. Another lexical tablet gives:

IM.IN.NU *di-id ti-ib-ni* = clay mixed with straw
IM.IN.NU.RI *di-id il-ti* = clay mixed with chaff[11]. Probably, pulverized sherds or the dross of the potters was comminuted and used with clay:

SIKA.PAḪAR (= DUQ.QA.BUR) *zi-e pa-ḫa-ri* = pulverized sherds
NE.SIG *zi-e pa-ḫa-ri* = pulverized potter's dirt
AN.ZÁḪ *ḫa-ḫu-ú* = dross of the potter's kiln[12].

In pot-making particularly, there are two types of materials usually added to clay. First, opening or hardening materials are necessary to counteract the tendency of clay to become deformed or crack during

firing. Crag, previously baked clay, has been used from early times. Second, materials such as felspar or calcite are used to render the clay impermeable to water. Calcite is especially adaptable to this purpose since it decomposes at a low temperature and produces lime which aids in the formation of a cementing agent. These two types of materials are still added at Kufr Lebbad, in Palestine, by the Arabs in the preparation of clay[13].

There is no literary evidence for the weathering of clay to bring about its disintegration in order that it would have been mixed and worked more easily. Nor is there any allusion in Sumerian or Akkadian to the methods of tempering or pugging to make clay more plastic[14].

Toward the latter part of the fourth millennium B.C., writing was invented by the Sumerians. The earliest writing material was wet clay which was inscribed by a length of reed with a wedge shaped cross section. The man who wrote on clay, ^{amêl} *e-puš dul-lu ṭitti* ^{há}, practised a highly honored profession[15]. In a tablet[16], a slave girl five years of age is dedicated to the temple to assist the scribe. She probably aided in the preparation of the clay. The most common name for a clay tablet was *ṭuppu*[17]. It was written either with the determinative IM, "clay", or KIŠIB, "seal". *Ṭittu* also meant "tablet" but was used commonly as a determinative. *Epru* which sometimes meant "clay of the soil" was also used to denote a clay tablet[18]. After the tablets were inscribed, they were either sun baked or kiln fired. In the summer time in Mesopotamia, the temperature goes up to 125°C but with a low humidity so that the tablets became fairly hard. In spite of this, sun dried tablets were subject to alteration by soaking in water to soften the clay. For this reason, two copies of the tablet were usually made in the case of an important agreement. Hammurabi's Code[19], of about 1725 B. C. stipulates a penalty for altering agreed-upon conditions in a tablet. Sometimes, the agreement in the tablet contained a phrase, *a-na pi ša-ṭar ṣar-pa la-bi-ri-im*, "according to the original kiln fired writing[20, 21]".

Pottery making was, already in prehistoric times[22], and extensive industry. The details of the working of the potter, called ^{amêl} *paḫḫâru* or LÚ BAHAR, or as in a list:

DUG + $SILA_3$ + BUR *pa-ḫa-a-rum*[24], are not described in the literature. However, it is believed that present day pottery making in this region is not too far removed from ancient methods. At Kufr Lebbad,

Palestine[24], the clay is first mixed with calcite or crag, then left for from one to three days. The pot is then built. It is then left supported until the next day when the more delicate portions are completed and the clay trimmed. It is then burnished.

Clay prepared for pottery was called:

KI.GAR *ši-kit-tú šá kul-la-ti*[25]. The potter evidently ground some of his material since a stone mill, ^{NA_4} ARÀ.BAḪAR, is mentioned[26]. The potter's wheel was made of wood, GIŠ.BAḪAR[27], or copper[28]. In another text are mentioned a number of utensils of the potter. All of these are pots of various sizes and shapes although these are not as yet known in detail. It reads:

> utensils of the potter, 4 aspersoria, 4 *kandaru*, 4 *saḫḫaru*, 24 *adagurru*, 24 *ḫabu*, 120 *malittu*, 300 *bagurru*, 60 censers, 5 *sabittu*, 6 *agganu*, 6 *nisippu*, 2 *sindu*, 2 *namḫaru*[29].

In Mesopotamia, the kiln, *atunu* or *utûnu*, is to be found everywhere in many different sizes and shapes. The Mesopotamian knew the importance of using a clean kiln for the firing so as to avoid the transference of the impurities of the kiln bricks to the goods being treated[30]. In a late list, the words for "to trim clay" are given so that we know that this process was certainly practised[31]:

IM.SÈ.SÈ.KI *ur-ru-u šá* IM = to trim clay.

Bricks are commonly rectangular, moulded blocks of clay. They may be sun dried or adobes and used mostly in countries free from frost, or they may be kiln fired. In the former case, the adobe may again become clay by being mixed with water but a burned brick can never be converted again into the clay condition.

Brickmaking, in ancient Mesopotamia, must have been a highly developed occupation since it involved a division of work into various categories for the most skilled on down. The brickmaker was called $^{LÚ}SIG_4.SIG_4$ = *lu-ub-bu-nu-um* in a list[32]. Also, there occurs ^{LÚ} SIG. NA.NÁ.A as a brickmaker[33]. In Akkadian, they were called ^{amêl}*libinu*[34]. There was a man in charge of the baking, ^{amêl}*ṣarip agurrû*; the baking was done by slaves or hired hands ^{LÚ} ḪUN.GA[36].

Bricks were made anywhere from 6–16 inches square and 2–7 inches thick and sometimes smaller or larger. Historical texts give the size of the

bricks as "3 fired bricks of 16 fingers each[36]". Also given in the same work are "3 fired bricks ... one ell 3 fingers[37]". Bricks were not always formed in the shape of a parallelopiped. Sometimes, they were in the plano-convex form in which one of the large surfaces is planar and the other convex. These have been found in early sites as Telloh, Nippur, Fara, Ur, and others, not however to the exclusion of the regularly shaped type[38]. At times, bricks were made triangular, wedge shaped for arches[39], concave on one side as for a well, and also very large for street paving, as well as a large variety of other shapes and sizes. The sun dried brick is given in the lexical lists as:

ŠE.IB *li-bi-it-tum*[40]
SI.QA *li-bit-tu*[41].

The kiln dried brick, *agurru*, was more expensive. In a description of the wall of Uruk, the following passage from the myth of Gilgamesh relates:

> "Ascend the wall top; make the round of Uruk.
> Examine the foundation. Inspect the brickwork.
> Are its bricks not all kiln fired, its foundations
> not laid by the seven sages?"

Thus, the kiln fired bricks were well known as superior. Tiglath-Pileser[42] relates that the foundations of his temple were built of brick as from a kiln. An economic document states that 5 shekels was charged for the burning of bricks[43].

Chopped straw was often added to clay to make bricks[44]. As already cited, it is known in the lexical literature. In a contract tablet, clay and straw are given for the making of bricks. Facing bricks [45] [46] were frequently glazed yellow, red, or blue.

In a Gudean inscription[47], seven steps are given for the fabrication of a sun dried brick. First, make the measure of the mould; second, make a brickstamp. In a Nippur tablet, for example, a brick inscription reads:

> "Kadashman-Enlil ... having built its great reservoir on high, its location and its embankment with kiln baked bricks"[48].

Three, gather the day, then, four, form the brick roughly. A lexical list reads:

DU_8 *la-ba-nu ša* SIG_4 = to shape bricks[49].

Five, place the brick in the mould, and then, six, stamp the inscription, and finally, seven, lift the brick from the mould[50]. The house or factory for brickmaking, É.GIŠ.Ù.ŠUB or *na-al-ba-nu*[51], used different moulds for sun dried and kiln baked bricks. An interesting sequence in a lexical list reads:

GIŠ.Ù.Ú.ŠU.UB.ŠUB	*na-al-bat-ti*	brick form, wooden
GIŠ.Ù.ŠUB.SIG$_4$	*na-al-bat-ti li-bit-ti*	wooden mould for sun dried bricks
GIŠ.Ù.ŠUB.SIG$_4$.AL. ÙR.RA	*na-al-bat-ti a-gur-ri*	wooden mould for fired bricks
GIŠ.DÚR.SIG$_4$	*ki-is-ku-ru li-bit-ti*	wooden boards for sun dried bricks
GIŠ.DÚR.SIG$_4$.AL. ÙR.RA	*ki-is-ku-ru a-gur-ri*	wooden board for fired bricks[52].

It is interesting to note that the price of kiln fired bricks was 8000 for 55 shekels[53]; another text gives 10,000 for 1 mina of silver[54].

In general, kiln fired bricks were used for water-proof purposes as on floors, thresholds, and water containers where bitumen was used instead of the usual mortar. Sun dried bricks were often laid in mud. Near door frames and wall borders, special techniques of brick-laying were used. In the Abū Habba cylinder of Nabonidus, the text reads, "a small measure of no protruding, a small measure of no indenting", meaning that the bricks of a wall are completely plumb[55]. The ways of laying brick were many and varied[56]. The textual references in this connection are still difficult to read. Mortar was not often used in ancient Mesopotamia but there were special occasions when the economic reason was absent as at the laying of a cornerstone. A text relates that Nabonid laid foundation brick for a new temple at Harran with mortar[57].

Roofs were frequently coated with clay[58]. In the alluvial plain of Iraq, stucco served as a protective covering for mud brick walls at Kish, Warka, Assur, etc[59]. These were sometimes colored[60].

Clay was often used to make small statues of gods[61]. An important use for clay was in the construction of water pipes to drain off refuse and the swamps[62]. Bitumen was used to make the pipes water tight[63].

There were many more uses of clay by the ancients. For them, with metals scarce and expensive, it was one of their most important materials —useful in almost every facet of Mesopotamian life.

NOTES AND REFERENCES

1. A. T. Green and G. H. Stewart, "Ceramics," Stoke-On-Trent, 1953, pp. 15ff.
2. L. H. D. Buxton, "Ency. Brit.," 1958, 15, pp. 288ff.
3. M. Levey *Ambix*, 1958, VI, 3, 149–154.
4. Ḫarra lexical list, X, lines 388–391; Cf. also Diri, tabl. VI, line 90.
5. V. E. Crawford, "Sumerian Economic Texts From The First Dynasty of Sin", New Haven, 1954, p. 66, no 198.
6. "Cuneiform Texts From Tablets in the British Museum", XIV, pl. 8: K4330 obv.; Ḫar Gud B_3 line 12.
7. ḪARRA, X, lines 392–434.
8. "Vorderasiatische Bibliothek", Leipzig, 1912, IV, p. 196, no. 29:4.
9. Text similar to lexical list A' = idu, S^c, line 27.
10. Nabnitu, 21, line 27.
11. ḪARRA, X, lines 484–5.
12. *Ibid.*, lines 379, 381, 382.
13. G. M. Crowfoot, "Pots, Ancient and Modern", in Palestine Exploration Fund, Quarterly Statement, 1932, pp. 179–187.
14. A. B. Searle, "The Clayworker's Hand-Book", London, 1911.
15. "Babylonian Records in the Library of J. P. Morgan", New Haven, 1912ff., II, 41:1; "Publications of the Babylonian Section, University of Pennsylvania Museum", Philadelphia, 1911ff, II, 1, 120:5.
16. "Babylonian Records in the Library of J. P. Morgan", II, 53:5.
17. B. Meissner, "Beiträge z. assyrisch. Wörterbuch", Chicago, 1932, II, pp. 4ff.
18. F. Thureau-Dangin, *Revue d'Assyriologie*, 1910, VII, p. 183:1.
19. Hammurabi's Code, par. 48:13–14.
20. O. Schroeder, "Vorderasiatische Schriftdenkmäler, Leipzig, 1917, XVI, 93:36; B. Meissner, *Mitt. d. Vorderasiat. Gesell.*, 1904, IX/3, 44.
21. F. Delitzsch, "Assyr. Handwoerterbuch", Leipzig, 1896, p. 158b; C. H. W. Johns, "Assyrian Deeds and Documents", Cambridge, 1901, 1056:4.
22. R. Braidwood, *Journ. of Near-Eastern Studies*, 1952, 11, 2–57.
23. Nabnitu, tabl. O, line 284.
24. Crowfoot, *op. cit.* (note 13), pp. 183ff.
25. Nabnitu, tabl. K, 199.
26. "Cuneiform Texts from Tablets in the British Museum", XIV, 5:27b.
27. H. Ehelolf and B. Meissner, *Zeit. f. Assyriologie*, 1922, 34, 25.
28. J. N. Strassmaier, "Cambyses", Leipzig, 1890, 153:2.
29. F. Thureau-Dangin, *Revue d'Assyriologie*, 1920, 17, 58.
30. F. Delitzsch, *op. sit*, (note 21), p. 158b.
31. Nabnitu, tabl. L, 84.
32. E. Chiera, "Oriental Institute Publications", Chicago, 1930, 1, I:3.
33. A. L. Oppenheim, "Catalogue of the cuneiform tablets of the W. Eames Babyl. Coll.", New Haven, 1948, index.
34. V. Scheil, *Receuil travaux rel. à la philologie*, Paris, 1870ff, XIX, 101ff, no. 2:4.
35. A. Pohl, "Neubab. rechtsurkunden", Roma, 1934, II, 9, IV:8; R. P. Dougherty, "Goucher College Cun. Inscr". New Haven, 1923, I, 280:1.

36. "Vorderasiat. Bibliothek", IV, 76, III, 31–32.
37. *Ibid.*, 13–14.
38. P. Delougaz, "Plano-convex bricks...", in "Studies in Anc. Oriental Civilization" no. 7, Chicago, 1933.
39. D. J. Wiseman, *Iraq*, 1952, XV, 2, 149, ND 3492.
40. Nabnitu, tabl. E, 183.
41. B. Landsberger, "Materialen z. Sumer. Lexicon", Roma, 1933–57, III, S^bA vocabulary.
42. E. A. W. Budge, "Annals of the Kings of Assyria", London, 1902, p. 96, 79–80.
43. R. P. Dougherty, "Records from Erech-Nabonidus", Yale Oriental Series, New Haven, 1920, 97:4.
44. "Publ. of the Babyl. Sect., Univ. of Pa. Museum", 7,20, Old Babyl. letter 20 obv., 6ff.
45. L. Ch. Watelin, "Excav. at Kish", Paris, 1929, pl. XIV, W., 144.
46. "Vorder. Bibliothek", IV, p. 208, no. 49:12 for a lapis lazuli colored fired brick; "Vorderasiat. Biblio". p. 128, III:56 for a yellow fired brick.
47. F. Thureau-Dangin, *Zeit. f. Assyriol.*, 1920, 17, 188, Cylinder A, XVIII, 25ff; Statue E, III:1–10.
48. L. Legrain, "Royal Inscr. from Nippur and Babylon", Publ. of the Babyl. Sect., Univ. of Pa. Mus., Philadelphia, 1926, XV, pp. 30–31 from C. B. S. 8655 of the Univ. Museum.
49. Nabnitu, tabl. E, 171.
50. A. L. Oppenheim, "Material Culture...", unpubl. Ms, note 932.
51. Nabnitu, tabl. E, 184.
52. ḪARRA, VIIA, 169–171, 175–176, cf. also ḪARRA V, 169–170.
53. J. N. Strassmaier, "Inschr. von Nabonidus", Leipzig, 1889, 753:29.
54. Yale Oriental Series, VI, 34:5–6.
55. J. Laesse, *Journ. Cun. Studies*, 1953, 7, 17.
56. P. Delougaz, *op. cit* (note 38).
57. Vorderasiat. Biblio., IV, p. 222, II:6.
58. "Publ. of the Babyl. Sect.," VIII, 1, 102, V:7.
59. R. Koldewey, "The Excav. at Babylon", London, 1914, p. 305, fig. 254.
60. "Vorderasiat. Biblio.", IV, p. 232, I:33.
61. A. Ungnad, *Orientalia*, 1943, 12, 293–310; ibid., 298, rev: 32–C.B.S. 1203.
62. C. T. Davis, "Bricks, Tiles, Terra Cotta", Philadelphia, 1889.
63. J. N. Strassmaier, "Inschr. von Nabonidus", 876, 10–12.

JOHANN HEINRICH LAMBERTS BEDEUTUNG IN DER NATURWISSENSCHAFT DES 18. JAHRHUNDERTS*

von

Peter Berger**

I. ZWECK DER UNTERSUCHUNG UND IHRE ABGRENZUNG GEGENÜBER BISHERIGEN DARSTELLUNGEN LAMBERTS

Der Name Johann Heinrich Lamberts ist heute vor allem in denjenigen beiden Wissenschaften lebendig, von denen sein Ruhm schon zu seinen Lebzeiten ausging, in der Mathematik und Physik. Diese beiden Wissenschaften bezeichnen jedoch nur den engen Ursprung eines unendlich fruchtbaren Wirkens dieses Mannes, der den ganzen Umkreis der naturwissenschaftlichen Forschung des 18. Jahrhunderts durch sein Wirken belebte und erweiterte.

Als Lambert seine Studien aufnahm, stand das naturwissenschaftliche Denken unter dem Eindruck der von Newton und Leibniz gewonnenen Erkenntnisse. Die Newtonsche Physik war zu jener Zeit der Ausgangspunkt aller Untersuchungen über die Natur der Dinge. In der Mathematik hatte die von Newton und Leibniz entwickelte Infinitesimalrechnung Epoche gemacht. Die naturwissenschaftlichen Ideen Leibnizens wurden gerade – allerdings nur in der Fassung, die ihr die Wolffsche Schule gegeben hatte – bekannt.

Lambert hat den Bestand der auf ihn gekommenen Ergebnisse und

* Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hamburg, 1957. – Inhaltsverzeichnis: Seite 254.

** Bonn, Königstraße 93, Deutschland.

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 157–254

Ideen nirgends angetastet sondern sich ihrer vielmehr in einer an Leibniz erinnernden Universalität mit Vorteil bedient. Er, der schon zu seinen Lebzeiten ein zweiter Leibniz hieß, verdiente diesen Namen nicht zuletzt deshalb, weil er wie kein anderer die naturwissenschaftlichen Ideen Leibnizens in sein Denken aufgenommen und fortentwickelt hat.

Lamberts Bedeutung in der Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts gründet sich jedoch noch tiefer. Seine stark logisch-analytische Veranlagung ließ ihn vor allem zu einer kritischen Entwicklung der von seinen Vorgängern benutzten Methoden vorstoßen. Er wandte sich insbesondere Fragen zu, in denen wir heute die ersten tastenden Versuche einer Grundlagenforschung der Naturwissenschaften erkennen können. Lambert gleicht darin seinem großen Zeitgenossen Kant, dessen kritische Stellungnahme zur Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts noch der heutigen Naturwissenschaft als verbindlich gilt.

Während die frühen naturwissenschaftlichen Arbeiten Lamberts und Kants – insbesondere beider Schriften zur Kosmologie – eine bis ins Einzelne gehende Übereinstimmung zeigen, rücken die eingentlich revolutionierenden Hauptwerke gemäß der sich durchsetzenden Eigenart ihrer Verfasser weiter voneinander ab. Gegenüber der sich ganz auf erkenntnistheoretisches Gebiet verlagernden Problematik Kants ist Lamberts Lebenswerk eine mit großer Umsicht und absoluter logischer Klarheit begründete Theorie der Naturforschung. Der besondere Wert dieser Theorie der Naturforschung liegt in einem Umstand, der Lambert denkbar weit von Kant entfernt: Diese Theorie bleibt nirgends Theorie. Ebenso wichtig wie eine theoretisch gewonnene Erkenntnis ist für Lambert ihre praktische Anwendung. Für ihn sind Theorie und Praxis zwei Gesichtspunkte, die er allenthalben mit großer Leichtigkeit einander gegenüberstellt und unter Wahrung ihrer Eigenart miteinander verbindet.

Diesen Umstand haben die bisherigen Darstellungen Lamberts wenig beachtet. Es wurde zwar richtig erkannt, daß Lambert und Kant in ihrem Ausgangspunkt, der etwa in der Newtonschen Physik besonders deutlich ist, durchaus übereinstimmen.

Oft genug wurde jedoch dies im weiteren zum Anlaß genommen, die Vergleichung Lamberts mit Kant zum alleinherrschenden Gesichtspunkt in der Darstellung Lamberts zu machen. Vor allem wurde die Frage untersucht, in welchem Umfange Lambert die Erkenntnistheorie Kants beeinflußt habe, eine Frage, die die Erörterung der Leistungen Lamberts von vorneherein zugunsten Kants auf ein rein theoretisches Gebiet beschränkte.

Der Streit um die sogenannte Vorläuferschaft des gegenüber Kant an Jahren jüngeren, an Werken älteren Lambert, hat über diesen die wiedersprechendsten Meinungen in Umlauf gesetzt. Es ist dadurch überhaupt zweifelhaft geworden, ob eine Betrachtungsweise, die sich in einer bloßen Vergleichung von Lamberts und Kants erkenntnistheoretischen Äußerungen erschöpft, geeignet ist, Lambert in seiner Bedeutung für die Naturwissenschaften hervortreten zu lassen.

Wir gedenken daher der Diskussion um die sogenannte Vorläuferschaft Lamberts kein weiteres Kapitel hinzuzufügen. Lambert und Kant dachten viel zu eigenwillig, als daß mehr als Anregungen zwischen ihnen hin- und hergehen konnten. Auch führte eine nur darauf abzielende Betrachtung kaum irgendwo über den Rahmen des nur Philosophischen hinaus.

Das soll andererseits nicht heißen, daß wir nicht dort, wo es angebracht erscheint, auf Gemeinsames und Unterschiedliches im Denken der beiden großen Zeitgenossen hinweisen werden.

Dazu kommt ein zweites. Es wird sich zeigen, daß gerade Kants Erkenntniskritik den naturwissenschaftlichen Ideen Lamberts die Möglichkeiten einer unmittelbaren Weiterwirkung abgeschnitten hat. Mit der Vernunftkritik Kants trat in Deutschland ein Thema auf den Plan, das einer Theorie der angewandten Naturwissenschaften so ungünstig wie möglich war.

Auf der anderen Seite ergibt sich hieraus für die heutige Theorie der Naturwissenschaft der Vorteil, daß sie überraschenderweise sehr direkt an die Ideen Lamberts anzuknüpfen vermag. Zu einer Zeit, in der sich in Kants Kritik an den naturwissenschaftlichen Methoden des 18. Jahrhunderts die Grenzen ihrer Tragweite abzuzeichnen beginnen, verbindet die moderne Naturwissenschaft mit Lambert – und über ihn hinaus mit Leibniz – die Universalität ihrer Fragestellung und ihr Interesse an praktischer Verwirklichung.

Es ist damit für die Bedeutung Lamberts in der Naturwissenschaft ein Gesichtspunkt gewonnen, der den einer bloßen Vergleichung Lamberts und Kants mit Aussicht auf Erfolg abzulösen geeignet ist. Eingedenk des charakteristischen Verhältnisses Lamberts zu Leibniz einerseits und andererseits zu Kants, stellen wir folgende Frage an den Anfang unserer Untersuchung:

Welche Bedeutung kommt Lambert innerhalb der Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts zu, und in welchem Umfang weisen seine Erkenntnisse auf eine moderne Theorie der Naturwissenschaft hin?

Wir deuteten schon an, daß sich über Lambert ein Zugang zu Leibniz öffnet, der für die Geschichte der Naturwissenschaften im geringsten nicht gleichgültig sein kann. Lamberts aufs Praktische gerichtete Universalität rückt ihn zu Leibniz näher als zu Kant. Die Verbindungen, die von Leibniz in der Mathematik, der Physik und in den philosophischen Grundlagen dieser beiden Wissenschaften zu Lambert hinübergehen, sind überaus zahlreich.

Es gehört zu den Eigenarten des Lambertschen Vortrages, daß seinen naturwissenschaftlichen Untersuchungen überall eine Kritik parallel läuft, die sich insbesondere mit Fragen der Grundlagenforschung auseinandersetzt. In der Mathematik ist hierfür seine »Theorie der Parallellinien«[1], in der Physik seine »Photometrie«[2] klassisches Beispiel. Oft genug greifen diese Überlegungen auf erkenntnistheoretisches und vor allem ontologisches Gebiet über. Lambert selbst wünschte, es möchte jemand die über seine Schriften verstreuten ontologischen Ideen in ein System bringen[3].

Es ist daher ohne Frage im Interesse einer möglichst allseitigen Würdigung Lamberts, wenn wir die von ihm aufgeworfenen erkenntnistheoretischen und ontologischen Probleme nicht übergehen. Vor allem für die moderne Ontologie findet sich in Lamberts Schriften eine Fülle von Anregungen.

Gleichwohl können ontologische und erkenntnistheoretische Fragen nirgends mehr als den Rahmen zu dieser Untersuchung abgeben, die es als ihre eigentliche Absicht verfolgt, Lambert in seiner Bedeutung für die Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts zu würdigen.

II. BIBLIOGRAPHISCHE VORBEMERKUNGEN UND ANLAGE DER UNTERSUCHUNG

Johann Heinrich Lambert, Sohn eines Schneiders, wurde am 26. August 1728 zu Mühlhausen im Elsaß geboren und starb als Mitglied der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 25. September 1777.

Als Autodidakt kam er auf den Gebieten der Astronomie, der Physik, der Mathematik und der Philosophie an die Leistungen seiner größten Zeitgenossen heran. Er war in dem theologischen Lehrgebäude seiner Jugendzeit gut bewandert. Jurisprudenz, Rhetorik und Dichtkunst beschäftigten ihn zeitweilig. Latein und Französisch beherrschte er soweit,

daß er in diesen Sprachen wissenschaftliche Arbeiten veröffentlichte; er besaß darüber hinaus Kenntnisse im Griechischen, Italienischen und in den orientalischen Sprachen. Endlich zeigte er ein dauerndes Interesse für handwerkliche Probleme, insbesondere für die Technik des Instrumentenbaus.

Er freute sich, wenn er jemand mit seinen Kenntnissen nützen konnte und lieh hilfsbereit seinen Rat und Scharfsinn allen, die ihn darum angingen. Besonders lebendiges Zeugnis hiervon geben seine Briefe. Ob Lambert mit Georg Christoph Lichtenberg astronomische, mit G. J. von Holland und Euler mathematische oder mit Kant philosophische Fragen diskutierte oder ob er schließlich Nichtfachleute in der Bewältigung eines wissenschaftlichen oder technischen Problems beriet, überall spiegeln seine Briefe die einzigartige Klarheit und Umsicht seines Geistes.

Solange das Gesamtwerk noch nicht gedruckt vorliegt, ist derjenige, der sich über Lamberts ausgedehnte Wirksamkeit aus erster Hand orientieren will, auf die von Johann Bernoulli veranstaltete Ausgabe dieser Briefe angewiesen:

J. H. Lamberts deutscher gelehrter Briefwechsel, Berlin 1781–87, 5 Bände.

Kant empfahl diese Briefe anläßlich der von Johann Bernoulli veranstalteten Ausgabe: »Seine Scharfsinnigkeit, das Mangelhafte in allen Wissenschaften auszuspähen, Entwürfe und Versuche zu Ergänzung derselben meisterhaft zu ersinnen, sein Vorhaben, den verunarteten Geschmack des Zeitalters umzustimmen, kann vielleicht kräftiger wie irgend etwas anderes dazu mitwirken, den beinahe erlöschenden Eifer der Gelehrten zur Ausbreitung nützlicher und gründlicher Wissenschaft aufs neue zu beleben«[4].

Lamberts Untersuchungen zur Logik, Wissenschaftstheorie und Philosophie sind in folgenden Werken niedergelegt:

Neues Organon oder Gedanken über die Erforschung und Bezeichnung des Wahren und dessen Unterscheidung von Irrtum und Schein, Leipzig 1764, 2 Bde.

Das Werk ist eine Bearbeitung der Logik in der vollständig neuen Gestalt einer allgemeinen Theorie der Naturforschung. Der erste Teil, die Dianoiologie, behandelt das eigentliche Gebiet der herkömmlichen Logik, der zweite, die Alethiologie handelt von den Kriterien der Wahrheit, der dritte, die Semiotik, von der Bezeichnung der Gedanken durch die Sprache, der vierte, die Phänomenologie vom Schein.

Anlage zur Architektonik oder Theorie des Einfachen und Ersten in der philosophischen und mathematischen Erkenntnis, Riga 1771, 2 Bde.

Die Architektonik verfolgt die Absicht, in die Wissenschaften, insbesondere in die Naturwissenschaften und die Ontologie mathematische Strenge und logische Exaktheit einzuführen.

4) J. H. Lamberts logische und philosophische Abhandlungen, Berlin 1782–87, 2 Bde.

Diese Sammlung von Aufsätzen enthält eine Fülle von Entwürfen und fragmentarisch gebliebenen Abhandlungen zur Begründung völlig neuer Wissenschaften: So der Erfindungskunst, der mathematischen Logik, der Systematik der Ontologie und anderer mehr.

Neuerdings hat Karl Bopp zwei Abhandlungen in den Ergänzungsheften der Kantstudien (Nr. 36 und 42) ediert:

5) Abhandlung vom Criterium veritatis, Berlin 1915.

6) Über die Methode, die Metaphysik, Theologie und Moral richtiger zu beweisen, Berlin 1918.

Diese beiden posthum erschienenen Abhandlungen sind Voruntersuchungen zu den Problemen des neuen Organon und der Architektonik.

Wenden wir uns der Astronomie zu, so haben wir zunächst in den Cosmologischen Briefen ein Buch vor uns, in dem philosophische und naturwissenschaftliche Gedanken einander durchdringen:

7) Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaus, Augsburg 1761. Im Auszug neu herausgegeben in J. H. Lambert, Leistung und Leben, F. Löwenhaupt, Mühlhausen 1943.

Rein wissenschaftlichen Charakter hat die Schrift:

8) Insigniores orbitae cometarum proprietates, Augsburg 1761.

Sie wurde zusammen mit anderen wichtigen astronomischen Arbeiten Lamberts von J. Bauschinger herausgegeben: Abhandlungen zur Bahnbestimmung der Cometen, Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften, Nr. 133, Leipzig 1902.

Neben der Bahnbestimmung der Kometen beschäftigten Lambert vor allem die Berechnung der Finsternisse, das Problem der drei Körper und die große Gleichung zwischen Jupiter und Saturn.

In der Mathematik ist an erster Stelle Lamberts »Theorie der Parallellinien« zu nennen:

9) Theorie der Parallelinien, Leipziger Magazin für reine und angewandte Mathematik, herausgegeben von J. Bernoulli und C. F. Hindenburg, 1786.

Neuherausgabe in der »Theorie der Parallelinien von Euklid bis auf Gauß«, F. Engel und P. Stäckel, Leipzig 1895.

Diese Arbeit ist äußerst wichtig für die Entwicklungsgeschichte der Nichteuklidischen Geometrie. Sie zeichnet sich durch ihren völlig klar herausgearbeiteten Standpunkt in der Axiomatik aus.

Lamberts eigentliche Stärke lag auf dem Gebiet der angewandten Mathematik. Wir greifen aus der Fülle des Erwähnenswerten nur einige Beispiele heraus:

Beiträge zum Gebrauch der Mathematik und deren Anwendung, Berlin 1765, 1770, 1772; 3 Teile in 4 Bänden. Z. T. neu herausgegeben von Andreas Speiser in J. H. Lambert, Opera Mathematica, Zürich 1948, 2 Bde.

Der erste Teil enthält unter anderem eine Theorie der Zuverlässigkeit von Beobachtungen und Versuchen. Aus dem zweiten Teil sei die Tetragonometrie erwähnt, die Bemerkungen über die Quadratur und Rektifikation der krummen Linien und die Gedanken über die Grundlehren des Gleichgewichts und der Bewegung. Aus dem dritten Teil seine für die gesamte Kartographie grundlegende Arbeit über den Entwurf von Land- und Himmelskarten, sowie seine Bemerkungen über Interpolation und über Sterblichkeitstabellen.

In den gleichen Zusammenhang gehört die

Mémoire sur quelques propriétés remarquables des quantités transcendantes circulaires et logarithmiques, Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin (17) (1761), 1768, p. 265–322. Abgedruckt in A. Speiser, J. H. Lambert, Opera Mathematica, s. o.

In ihr beweist Lambert als erster die Irrationalität von e und entdeckt den Zusammenhang von Kreis- und Hyperbelfunktionen.

J. H. Lamberts freie Perspektive oder Anweisung jeden perspektivischen Aufriß von freien Stücken und ohne Grundriß zu verfertigen. Zürich 1774 und 1759, 2 Bde. Neuherausgabe zusammen mit einer vollständigen Bibliographie von Lamberts Werken in J. H. Lambert, Schriften zur Perspektive, Max Steck, Berlin 1943.

In Lamberts Schriften zur Perspektive finden sich die ersten Anfänge der Darstellenden Geometrie. Die ebenfalls hier begründete Theorie der Konstruktionen mit dem Lineal allein weist auf die Grundgedanken der Projektiven Geometrie hin.

Weitere Untersuchungen Lamberts gelten mathematischen Tafelwerken und mathematischen Instrumenten.

In der Physik ist Lambert vor allem durch seine Photometrie berühmt.

13) Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae, 1760. Neuherausgabe von E. Anding, Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften, Nr. 31, 32, 33, Leipzig 1892.

Dieses Werk Lamberts ist die erste streng methodische Begründung der Photometrie überhaupt. Die Lambertschen Gesetze der Lichtmessung sind in der Physik noch heute unter seinem Namen bekannt.

14) Sur les forces du corps humain, Nouv. Mémoires de l'Académie de Berlin, Année 1776, Berlin 1779, p. 19–72.

Diese Arbeit über die Mechanik der menschlichen Bewegungen ist für die Vielseitigkeit Lamberts charakteristisch. Sie enthält eine genaue Analyse der vom Menschen beim Laufen, Ziehen, Stoßen usw. aufgewendeten Kräfte.

15) Pyrometrie oder vom Maße des Feuers und der Wärme, Berlin 1779.

Dies ist die letzte Arbeit Lamberts überhaupt. Sie zeichnet sich durch die gleiche Anlage und methodische Gründlichkeit aus wie die Photometrie.

Von Lamberts weiteren physikalischen Arbeiten seien seine Hygrometrie erwähnt, die Untersuchungen über den Klang elastischer Körper und die mit großer Energie betriebenen Beobachtungen zur Meteorologie.

Aus der freundschaftlichen Zusammenarbeit mit dem Augsburger Mechaniker C. F. Brander gingen eine Reihe wissenschaftlicher Instrumente hervor, so das Glasmikrometer und die Farbenpyramide. Lambert beschrieb die Anwendung dieser Instrumente in kurzen Abhandlungen von vorbildlicher Deutlichkeit.

Abschließend erwähnen wir:

16) Johann Heinrich Lamberts Monatsbuch; herausgegeben von Karl Bopp, Abhandlungen der königl. bayer. Akademie der Wn. (math.-phys. Klasse) Bd. 27, 6. Abh., München 1916.

Dieses Monatsbuch, das Lambert von 1752 bis zu seinem Tode führte, läßt uns den Entwicklungsgang seiner wissenschaftlichen Arbeiten genau verfolgen. Er trug eigenhändig in dieses Buch alle ihn beschäftigenden Untersuchungen, ihren Entwurf, Fortgang, Druck usw. ein. Wegen der

ausgezeichneten Bedeutung dieser Aufzechnungen für Lamberts Gesamtwerk werden wir das Monatsbuch in einem eigenen Kapitel ausführlich besprechen. Es wird sich zeigen, daß es hervorragend geeignet ist, in die Arbeitsweise Lamberts einzuführen, und vor allem diejenigen Themen hervortreten läßt, die den großen Mann zeit seines Lebens zu immer neuer Bearbeitung gereizt haben.

Der wissenschaftliche Nachlaß J. H. Lamberts ist nur zum geringsten Teil im Druck erschienen. Von den insgesamt 1027 handschriftlich vorliegenden Manuskripten sind nur etwa 190 publiziert worden. Von diesen haben wir wiederum nur die wichtigsten hier erwähnen können. Eine Gesamtausgabe der Werke Lamberts ist mit den ersten beiden Bänden der Opera Mathematica J. H. Lamberts in Angriff genommen worden[5]).

Der Stil Lamberts ist klar, eher ausführlich als elegant aber immer von großer Deutlichkeit. Er wird wohl nicht viel anders geschrieben haben, als er über wissenschaftliche Fragen zu sprechen pflegte. Seine Zeitgenossen berichten, daß seine mündlichen Erörterungen kleinen Abhandlungen glichen. Er führte sie jedesmal ohne logische Lücke und in vollständiger methodischer Klarheit zu Ende, und wenn er unterbrochen wurde, kennte er nachher ohne sich zu besinnen da fortfahren, wo er stehengeblieben war. Diese Eigenart mag für eine gewisse Linearität seines Stiles verantwortlich sein. Er betrachtet selten mehr als einen Gegenstand zu einer Zeit und knüpft die Verbindungen von überall her zu seinem Thema. So erscheint Wichtiges und Unwichtiges nebeneinander und der Zusammenhang tritt manchmal zugunsten der logischen Vollständigkeit zurück. Äußerungen zum gleichen Gegenstand finden sich in losem Zusammenhang oder auch an ganz verschiedenen Stellen.

Diese Eigenart in Lamberts Stil hat andererseits ihre Vorteile. Vor allen seine philosophischen und wissenschaftstheoretischen Abhandlungen gewinnen so eine einzigartige Deutlichkeit. Es ist bei ihm viel weniger als etwa bei Leibniz oder Kant nötig, Gewebe wieder aufzutrennen. Er selbst hält alle Mühe, die Philosophie in einem System zu entwickeln, seit »des Cartesius gescheiterten Versuch« für verfehlt.[6] In seiner Biographie Lamberts schreibt G. Chr. Lichtenberg: »Es war ihm zuwider, ein System zu bilden, er sah nicht ab, wie unsere Kenntnis ein ganzes ausmachen könne und fand überall Lücken. Seine Anfangsideen verglich er den Primzahlen«[7].

Es erklärt sich hieraus, wie wenig der Vortrag der naturwissenschaftlichen Leistungen Lamberts an eine feste Reihenfolge gebunden ist; ein

Umstand, der es uns gestattet, den Vortrag so einzurichten, daß über Lamberts Bedeutung für die Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts hinaus sein Einfluß auf unsere Zeit deutlich wird.

Wir werden demnach mit denjenigen seiner Leistungen beginnen, die am stärksten die Spuren der historischen Situation tragen, aus der sie geboren wurden. Es fällt hierunter vor allem die Kosmologie Lamberts, die ganz teleologische Naturwissenschaft im Sinne der aristotelisch-scholastischen Tradition ist. Erst allmählich hat sich Lambert von dieser Denkart gelöst, um einer methodisch einwandfreieren Begründung der Naturwissenschaft nachzuforschen.

Hierbei fand er ein zweites Hindernis vor. Der Leibniz-Wolffsche Rationalismus hatte das naturwissenschaftliche Denken sehr einseitig beeinflußt; das ging so weit, daß das Verständnis für die Methode Euklids völlig verloren gegangen war. Lambert weckte das Verständnis für die euklidische Methode von neuem und bewies ihre Anwendungsmöglichkeit in allen Zweigen der Naturwissenschaft. Mit dieser Tat hatte Lambert die Zufälligkeiten, die die Naturwissenschaft seines Jahrhunderts beherrschten, hinter sich gelassen und drang zu einer der Natur der Dinge angemesseneren Begründung dieser Disziplin vor. Es ist das der Punkt, wo diese Untersuchung aufhört, historisch zu sein, und anfängt, systematisch zu werden.

Nun lernen wir Lamberts Bemühungen um die Characteristica universalis kennen, seine Anfänge in der Theorie der Zeichen, seine Ideen zur Erfindungskunst, die Erfolge, zu denen die neue Methode ihm in seinen eigenen Untersuchungen verhalf usw.

Lambert besaß die Gabe, überall das Mangelhafte in den Wissenschaften aufzuspüren und die Notwendigkeit völlig neuer Zweige der Wissenschaften zu entdecken. Seine wissenschaftstheoretischen Untersuchungen sollten schlechthin für alle Wissenschaften Gültigkeit haben.

Den Begriff der Geisteswissenschaften gab es zu seiner Zeit noch nicht, und ihr Anspruch auf eine eigene von den naturwissenschaftlichen Methoden verschiedene Arbeitsweise wurde erst später allgemein anerkannt. Es wäre jedoch falsch, aus diesem Grunde die methodischen Überlegungen Lamberts, soweit sie auf geisteswissenschaftliches Gebiet übergreifen, in Bausch und Bogen zu verwerfen. Gerade in dem Grenzgebiet zwischen den Wissenschaften bewährt sich Lamberts die Gegensätze versöhnendes Denken.

III. DAS TELEOLOGISCHE DENKEN

Die erste Schrift, mit der sich Lambert an ein breiteres Publikum wandte, waren die Cosmologischen Briefe über die Einrichtung des Weltbaus, 1761. In diesem begeistert aufgenommenen Buch macht sich Lambert zum Verfechter der von Leibniz überlieferten Lehre, daß unsere Welt die beste aller Welten sei. Die Hauptabsicht der Cosmologischen Briefe geht dahin, die Einrichtung unseres Weltalls als ein Maximum gottgewollter Zweckmäßigkeit darzutun.

Die in diesen Briefen entwickelte Kosmologie ist gemäß den Grundsätzen der Newtonschen Physik ausgeführt, sie erweist sich aber dennoch von dem Wunsche getragen, die teleologische Weltansicht der christlichen Religion zu begründen. Sie reiht sich darin unmittelbar an Leibnizens großen Versuch an, das naturwissenschaftliche mit dem religiösen Interesse der Zeit zu versöhnen. Lamberts Demonstration, daß unser Weltall nach teleologischen Prinzipien regiert werde, bewegt sich auf das gleiche Ziel der Vereinigung von mechanischer und teleologischer Weltansicht hin.

Die Cosmologischen Briefe verfolgen diesen Grundgedanken bis zu methodischen Konsequenzen, die der Mehrzahl der damaligen Leser wahrscheinlich verborgen blieb. Nicht nur sollte die Teleologie die Naturgesetze begründen sondern vielmehr auch – in einer aufs Praktische gehenden Wendung des Gedankens – als heuristisches Prinzip der Forschung dienen: »Die Teleologie muß uns in der Natur nicht nur die Allgemeinheit der Gesetze beweisen, sondern sollte vornehmlich auch zur Erfindung derselben dienen«[8]. Lambert machte die teleologische Verfassung des Weltalls zur undiskutierten Voraussetzung seiner Erörterungen und erhob sie damit ohne weiteres zu einem Prinzip von beweisender Kraft.

Gleichzeitig aber wurde für ihn, dessen ganze Leidenschaft das Erfinden war, die Teleologie zu einer Methode der Erforschung der Wahrheit. 1762 schrieb Lambert an Wegelin einen Brief, in dem er die Absicht, zu der ihm die Abfassung der Cosmologischen Briefe gedient hatte, genauer angibt: »Meines Erachtens soll jede Wissenschaft auch zum Erfinden dienen, und dieser Vorzug fehlt der Teleologie noch am meisten... Diese Probe habe ich in den Cosmologischen Briefen zu machen gesucht, um zu sehen, wie ferne die Teleologie mit der wirklichen Welt, soweit sie dermalen bekannt ist, verglichen, zum Erfinden oder wenigstens zu glücklichen Vermutungen dienen könne«[9].

Wenn Lambert in seinem Enthusiasmus für die göttliche Ordnung des Weltalls die Grenzen einer streng wissenschaftlich begründeten Kosmologie auch überschritt, so hat er doch mit erstaunlich vielen seiner kühnen Voraussagen recht behalten. Ein großer Teil seiner Hypothesen konnte früher oder später bestätigt werden.

Auf der anderen Seite kommt Lambert freilich zu Ergebnissen, die einem heutigen Betrachter wunderlich genug erscheinen. Sie entsprachen jedoch einem regen Interesse des damaligen Publikums. Es entwickelt sich etwa folgendes Gespräch der beiden Freunde, zwischen denen Lambert die Cosmologischen Briefe hin- und hergehen läßt.

An die Kometenfurcht jener Zeit anknüpfend fragt der jüngere von beiden seinen Freund und Lehrmeister, welche Gefahr für einen Zusammenstoß zwischen einem Kometen und der Erde bestünde. Die beruhigende Antwort lautet, daß alle Weltkörper, darunter auch die Kometen, von denkenden und empfindenden Lebewesen bewohnt seien, und daß es daher nicht in Gottes Absicht liegen könne, das Leben auf den Weltkörpern durch einen derartigen Zusammenstoß zu vernichten. Daß aber alle Weltkörper bewohnt seien, müsse füglich deshalb angenommen werden, weil nur dadurch eine möglichst große Zahl von Lebewesen, Gottes Schöpfung zu bewundern und zu ehren, gegeben sei.

Es ist nicht zu leugnen, daß Betrachtungen wie diese den Cosmologischen Briefen in unseren Augen eher den Charakter eines Erbauungsbuches geben als den einer naturwissenschaftlichen Abhandlung.

Gleichzeitig aber steht das hohe wissenschaftliche Niveau der Cosmologischen Briefe außer Frage.

Nachdem Lambert die verschiedenen »Ordnungen« der kosmischen Systeme in allgemeinen besprochen hat, findet er, daß sich unsere Sonne mit einer großen Anzahl demselben System angehörender Sterne um einen gemeinsamen Schwerpunkt drehen müsse. Die relative Bewegung gegenüber den Sternen dieses Systems betreffend fügt er mit prophetischem Scharfblick hinzu: »Da indessen die scheinbare Verrückung der Fixsterne ebensowohl von der Bewegung der Sonne als von ihrer eigenen Bewegung abhängt, so ließe sich vielleicht daraus herleiten, gegen welche Gegend die Sonne ihren Lauf nimmt«[10].

Diese Prophezeiung ging schneller in Erfüllung als man erwarten durfte, indem Herschel schon 1783 der Royal Society in London seine unmittelbar nachher in den Philosophical Transactions abgedruckte Abhandlung »On the proper motion of the Sun and Solar System« vorlegte, in welcher die Lambertsche Aufgabe vollständig gelöst war.

Über den gemeinsamen Sehwerpunkt der Drehbewegung, die uns Heutigen als die Rotation unseres Milchstraßensystems geläufig ist, kann Lambert nur Vermutungen äußern: »Nur kann ich noch nicht auskommen, ob ich den gemeinsamen Mittelpunkt des Systems öde lassen oder in denselben einen ungeheuer großen dunklen Körper setzen solle, dessen Masse schwer genug wäre, um jeden Fixstern des Systems ebenso in seinen Bahnen zu erhalten, wie es unsere Sonne in Absicht auf die Planeten und Kometen tut. Wir können noch nicht sagen, wie dicht ein Körper sein müßte, wenn er gar keine Zwischenräume mehr behielte. Vielleicht ist das Gold, der dichteste der irdischen Körper, mit einem solchen verglichen nur noch als Schwamm anzusehen«[11].

Aus der Reihe der weiteren Beispiele, die Lamberts wissenschaftlichen Scharfblick bestätigen, sei nur noch folgende Antizipation der Relativitätstheorie erwähnt: »Kein Punkt des ganzen Weltgebäudes bleibt auch nicht einen Augenblick in einer absoluten Ruhe. Die vollständige Symmetrie muß Zeit und Raum miteinander verbinden, und jede tote Masse wird schlechterdings aus der Welt ausgeschlossen, und ohne eine durchgängige Bewegung wäre die Welt eine Maschine, die nicht gebraucht würde, eine abgelaufene Uhr«[12].

Hier zeigt sich mit beispielhafter Klarheit, wie innig sich bei ihm die Vorahnung von naturwissenschaftlichen Entdeckungen über den Zeitraum von Jahrhunderten hinweg verbindet mit dem Glauben an die von höheren Absichten gelenkte Organisation unseres Weltalls.

Das teleologische Element im Denken Lamberts, das sich hiermit so bestimmend auf den Charakter der Cosmologischen Briefe auswirkte, tritt noch deutlicher hervor, wenn wir ihnen die »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels« von I. Kant gegenüberstellen.

Die »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels« erschien 1755, sechs Jahre vor den Cosmologischen Briefen. Sie fand aber, da der Verleger Konkurs machte, wenig Verbreitung. Daher wußte Lambert, als er die Cosmologischen Briefe schrieb, nichts von Kants Kosmologie. Um so überraschender ist die stellenweise bis ins einzelne gehende Übereinstimmung der Cosmologischen Briefe mit der Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels.

Diese Übereinstimmung ist zwischen ihnen selbst durch eine Anmerkung Kants in der Vorrede zu seiner Schrift »Der einzig mögliche Beweisgrund zu einer Demonstration Gottes« zur Sprache gekommen. Lambert seinerseits nahm diese Anmerkung zum Anlaß, den Briefwechsel mit Kant zu eröffnen.

In der genannten Vorrede bemerkt Kant: »Die Übereinstimmung der Gedanken dieses sinnreichen Mannes mit denen, die ich damals vortrug, welche fast bis auf die kleineren Züge übereinkommen, vergrößert meine Vermutung: daß dieser Entwurf in der Folge mehrere Bestätigung erhalten werde«.

Die Übereinstimmung in den Ergebnissen der beiden Philosophen findet, so erstaunlich sie ist, ihre natürliche Erklärung in der Tatsache, daß sie in Ansatz und Methode einer wie der andere von der Newtonschen Physik ausgehen. Der Umstand, daß Kant und Lambert beide etwa 31 Jahre alt waren, als sie ihre Schriften zur Kosmologie ausarbeiteten, kann die Ähnlichkeiten in Auffassung und Ausdruck erklären.

Neben der Übereinstimmung, die hier zutage tritt, wird jedoch ein tiefgreifender Unterschied in der Endabsicht der beiden Schriften sichtbar. Dieser Unterschied steht in derartig deutlichem Kontrast zu der sonst so weitgehenden Übereinstimmung, daß er allem Anchein nach nicht auf eine zufällige, sondern auf eine grundsätzliche Verschiedenheit in der Denkungsart der beiden Philosophen hinweist. Während Lambert, wie wir gesehen haben, das teleologische Prinzip in gleicher Weise zum Begründen und Erfinden benützte, sehen wir bei Kant zum erstenmal den Versuch, das gleiche Prinzip aus der Beweisführung der Kosmologie in aller Strenge zu eliminieren und sich allein auf das mechanistische Prinzip der Newtonschen Physik zu stützen. Diese für die damalige Zeit völlig neuartige Tendenz tritt besonders in dem zweiten Teil der Abhandlung, in der »Allgemeinen Naturgeschichte« hervor. Die hier entworfene Weltentstehungslehre, die heute als die Kant-Laplacesche Theorie bekannt ist, hat kein Gegenstück in den Cosmologischen Briefen.

Wahrscheinlich hielt Lambert den Gedanken einer rein mechanistisch begründeten Weltentstehungslehre in einer Weise für revolutionierend, daß er die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die christliche Religion weder ziehen wollte noch konnte. Ja, wir haben Anlaß zu vermuten, es habe ihm der Versuch, den Gedanken der gottgewollten Zweckmäßigkeit in allem Geschehen aus der Philosophie zu verbannen, soviel bedeuten müssen, wie der Freigeisterei offen in die Hände zu arbeiten.

Einmal gibt hierfür der erste Brief Lamberts an Kant gewisse Anhaltspunkte. Lambert spricht von »der Ähnlichkeit der Gedankenart«, die zwischen ihnen bestehe, und macht Kant das Kompliment, er habe »mit geschärftem astronomischem Auge Blicke in das Firmament getan, und dessen Tiefen und die darin herrschende Ordnung durchforscht«, aber er

würdigt mit keinem Wort die so beachtliche Leistung der Kantischen Weltentstehungslehre.

Zum anderen ist der Werdegang, den Lamberts Denken genommen hat und sein unbeugsamer Charakter in dieser Beziehung aufschlußreich.

Die erste umfangreichere geistige Anregung erfuhr Lambert im Hause des Herrn von Salis, Präsident des Gotteshausbundes in Graubünden. Er unterrichtete die Kinder des Herrn von Salis und nutzte seine freie Zeit für Studien in allen ihm erreichbaren Wissenschaften, wie sie ihm die ansehnliche Bibliothek des Hauses möglich machte. Er war ein demütiger, feuriger Andacht fähiger Christ, wie uns die überlieferten Biographien übereinstimmend versichern.

Er hatte einen Ekel und Abscheu gegen alle die Religion unbehutsam oder unehrerbietig angreifenden Schriften und mit großer Freude las und empfahl er wohlgeratene Verteidigungen der christlichen Lehre. Von seiner religiösen Überzeugung ist er zeit seines Lebens nicht abgewichen, wiewohl er auf der Berliner Akademie des aufgeklärten Preußenkönigs von einer freieren Atmosphäre nicht ganz unberührt geblieben sein mag. Eines seiner letzten Worte über die Religion überlieferte uns sein Freund Christian Heinrich Müller. Als dieser ihn nach denjenigen Beweisen für die Unsterblichkeit der Seele fragte, die er für die weniger mangelhaften hielte, antwortete er: »Mein Beweis stützt sich auf die Eigenschaften Gottes, es ist aber die Frage, ob wir von diesem nicht zu menschlich denken«[13].

Seine religiöse Überzeugung stand mit seiner Haltung als Wissenschaftler in engster Verbindung. Er sah in Religion und Wissenschaft vieles, was beiden gemeinsam war. So pflegte er zu sagen, daß er an dem Christentum zweifeln würde, wenn es keine Geheimnisse hätte, und daß es ein elender Grundsatz sei, nichts glauben zu wollen, als was man beweisen könne, welches man doch in so vielen anderen Dingen täglich tun müsse[14].

Es läßt sich hieraus verstehen, wie fremd Lambert dem Kantischen Versuch gegenüberstehen mußte, den für die Religion so wesentlichen Gesichtspunkt der Teleologie aus der Kosmologie herauszunehmen. Wie es überhaupt fast unmöglich war, Lambert von etwas abzubringen, was ihm nicht schon durch eigenes Nachdenken verdächtig geworden war, so auch in dieser Frage. Er hielt sein ganzes Leben an der Überzeugung fest, daß die Teleologie, wo sie nicht selbst wissenschaftlich gemacht werden könne, doch zur Erfindung in den Wissenschaften das ihre beitragen werde.

Wir wenden uns nunmehr dem eigensten Orientierungsgebiet der

Teleologie, dem organischen Leben, zu. Lambert hat in seiner eigentlichen Ontologie, der Architektonik, in einem für sich bedeutsamen Zusammenhang den teleologischen Gesichtspunkt in überzeugender Weise entwickelt.

Wie wir späterhin noch im einzelnen sehen werden, gilt Lamberts Interesse vorzüglich den formalen Eigenschaften des geistigen Seins, ob es sich um die Formalursachen der menschlichen Erkenntnis, um die Formen, in denen sich der menschliche Wille verselbständigt, oder was auch immer sonst handelt. Es ist eins seiner dringendsten und zugleich für ihn charakteristischen Anliegen, eine Theorie der Form aufzustellen, in der die verschiedensten Erscheinungen unseres Lebens auf ihren formalen Kern zurückgeführt werden.

Im einzelnen sieht er zwischen der Absicht, wozu ein Ding dient, und seiner zu dieser Absicht eingerichteten Form einen gesetzmäßigen Zusammenhang. So sagt er etwa über die Staatsform:

»Die von dem Willen abhängenden Dinge und Handlungen bieten uns in der Intellektualwelt noch eine Menge von Anlässen dar, wo die Theorie der Form von Wichtigkeit wird. Hier grenzt die Form mit der Absicht am unmittelbarsten aneinander. Die Form der Gesellschaften und ganzer Staaten betrifft, wie man leicht sieht, die ihrer Absicht gemäße Einrichtung, Anordnung, Zusammensetzung und Verbindung derselben, sofern hierin etwas Fortdauerndes ist«[15].

In weitgehender Analogie hierzu werden nun die Einrichtungen der Natur beurteilt:

»Die Bestimmung der Absichten, wohin jedes Geschöpf, so zum Erdkreise gehöret, dient ..., die Erörterung, was, wenn eine Art wegfiele, noch zugleich mit wegfallen würde, die daher zu bestimmende Frage, wie jede Art Geschöpfe die übrigen Arten voraussetze, erfordere, oder nach sich ziehe etc., damit das System des Erdballes ein Ganzes sei und fortdauern könne, dieses ist es, was man zu finden hat, wenn man das System der Natur kennen lernen will«[16].

Es fällt schwer, sich dem wachen Spürsinn dieser Frage zu verschließen und an ihre Stelle das rein kausale Schema der mechanistischen Naturwissenschaft zu setzen, um das unübersehbar mannigfaltige Ineinandergreifen der verschiedensten Lebenskreise unseres Erdballes zu erklären.

Das Reich des organischen Lebens ist von jeher dasjenige gewesen, in dem der Mensch zu allererst ein seinem eigenen Handeln verwandtes zweckmäßiges Geschehen am Werke zu sehen glaubte.

Es war Kant, der in konsequenter Verfolgung der in der »Allgemeinen

Naturgeschichte und Theorie des Himmels« eingeschlagenen Richtung schließlich das teleologische Denken auf diesem, ihm ureigensten Gebiet aufsuchte und ihm in der »Kritik der teleologischen Urteilskraft« jegliche konstitutive Bedeutung absprach.

Legen wir den Ton jedoch darauf, daß Kant nur die konstitutive Bedeutung des teleologischen Prinzips leugnet, also gegen einen bloß heuristischen Gebrauch nichts einzuwenden hat, so sehen wir Lambert in seinem Anliegen, die Teleologie für Vermutungen und Hinweise fruchtbar zu machen, auch von dieser Seite durchaus gerechtfertigt.

Nach allem, was wir bisher gesagt haben, ist es nicht unwichtig zu sehen, daß Lambert eine nicht gründlich durchdachte Anwendung des teleologischen Prinzips keineswegs kritiklos hinnahm, sondern vielmehr zwischen seinem richtigen und falschen Gebrauch sehr wohl unterschied:

In der Optik wird das sogenannte Fermatsche Prinzip verwendet, nach dem aus der Annahme, daß das Licht immer den kürzesten Weg gehe, die Gesetze der Spiegelung und der Brechung abgeleitet werden. Hierzu bemerkt Lambert: »Der kürzeste Weg ist nur eine Folge, nicht aber eine Absicht. Man würde sonst ebenso sagen können, die Absicht von der Rundung eines Zirkels sei die größte Kapazität«[17]. Und er fügt in Hinsicht auf das in der Mechanik gebrauchte Maupertuissche Prinzip der kleinsten Wirkung hinzu: »Die Maupertuissche Actio minima scheint mir nicht von besserem Schrote zu sein«[17].

Es wird nicht ohne tieferen Grund sein, daß wir diese Kritik an einem falschen Gebrauche des teleologischen Prinzips nur in einem Brief an seinen langjährigen Freund von Holland erwähnt finden. Gewissenhaft vermied er die Veröffentlichung solcher Gedanken, die eine der Religion schädliche Wirkung hätte nach sich ziehen können.

Vergegenwärtigen wir uns abschließend den Standpunkt der heutigen Naturwissenschaft zum teleologischen Denken, so sehen wir sie insbesondere auf dem Gebiet der Mathematik und Physik durch den von Kant in der Kritik der telelogischen Urteilskraft erreichten Standpunkt bestimmt. Gleichwohl haben die Versuche Hegels und Schellings, das teleologische Denken erneut in die Naturwissenschaft einzuführen, in der Biologie fruchtbare Nachfolge gefunden.

Der seit Aristoteles bis in die Zeit der Aufklärung hinein unerschüttert gebliebene Gedanke, daß alles Naturgeschehen an höhere Absichten geknüpft sei, behielt auch für Lambert seine Gültigkeit. In der restlosen Verbannung des teleologischen Prinzips sah er ebenso einen Verlust für die Wissenschaften wie eine Gefahr für die Religion.

Wir werden im weiteren sehen, daß damit die weitestgehende Abhängigkeit Lamberts von der scholastischen Ontologie aufgedeckt ist. Sie findet ihre Ursache in dem persönlichen Motiv der religiösen Gebundenheit Lamberts.

Nehmen wir also diese Auseinandersetzung mit dem teleologischen Denken Lamberts als eine Voruntersuchung, die den traditionsgebunden spekulativen Einschlag in seinem Denken aussondert und uns damit den Blick für das folgende freimacht!

[IV. DIE LEHRE VON DEN DREI KRÄFTEN

Aus einer Bemerkung in Lamberts Monatsbuch geht hervor, daß er sich mit dem Gedanken trug, die Cosmologischen Briefe in einer Schrift über den Lauf der Dinge auf der Erde fortzusetzen[18]. In der Tat hat Lambert einige dieser sogenannten »Briefe über den Optimismus« geschrieben. Sie ruhen jedoch bis heute ungedruckt im handschriftlichen Nachlaß[19].

Lambert kamen nämlich Bedenken, ob die in den Cosmologischen Briefen so günstig aufgenommene Briefform seines Vortrags dem viel weitläufigeren Thema vom Lauf der Dinge auf der Erde angemessen sei. Er schrieb darüber an Lesage: »J'avais écrit là-dessus quelques lettres à peu près dans le goût des lettres cosmologiques. Elles devaient rouler sur le cours des choses terrestres ou sublunaires. Mais les sujets se trouvaient tellement herissés dans ces premières lettres, que je vis d'abord qu'il fallait les refondre ou abandonner la forme epistolaire tandis que je voyais que les matières admettaient un ton plus positiv et plus philosophique et que le tissu des raisonnements pouvait être plus consequent«[20]. In dem gleichen Sinne äußerte er sich gegenüber G. J. von Holland aus Anlaß der Lektüre der »Contemplation de la Nature«[24] von Charles Bonnet.

»Herr Bonnet«, so sagt Lambert, »trägt viele schöne Sachen vor. Er scheint aber die analytische Methode nicht sehr in seiner Gewalt zu haben. Die Naturgeschichte ist so voller Detail, die Klassifikation immer so vielen Ausnahmen unterworfen, daß man eher das ganz allgemeine als das den Hauptgattungen eigene dabei findet.

Ich hatte gleich nach den Cosmologischen Briefen angefangen, solche Briefe über den Lauf der Dinge auf der Erdfläche zu schreiben, fand aber bald, daß die Briefform dazu weniger als ein systematischer Vortrag tauge, und so unterbrach ich die Sache«[22].

Es ist das gleiche Interesse an der Versöhnung des naturwissenschaftlichen und des religiösen Denkens, das Lambert in den »Briefen über den Optimismus« wie in den Cosmologischen Briefen für eine teleologische Betrachtung der Natur eintreten läßt. Einen Eindruck von der Art, in der Lambert sich in den »Briefen über den Optimismus« bemüht, die göttliche Weisheit im irdischen Geschehen sichtbar werden zu lassen, gibt folgende Stelle:

»Auf unserer Erde werden die organischen Körper unter allen übrigen am häufigsten und leichtesten hervorgebracht ... Alles wozu in der Welt die Mittel am häufigsten vorrätig sind, muß mit unter die Absichten der Schöpfung gerechnet werden«[23].

Gegenüber der vorwiegend mechanistisch orientierten Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts hebt sich hier mit aller Deutlichkeit die hervorragende Rolle ab, die dem organischen Leben im Reich der Natur nach Meinung Lamberts zukommt.

Es hieße also Lambert in seiner entscheidenden, grundlegenden Absicht mißverstehen, wollte man seine Weltansicht mechanistisch deuten. Wie unzureichend ein rein mechanisches Verständnis unserer Natur bleiben müsse, das erklärt Lambert in der Architektonik, in demjenigen Hauptwerk also, in dem er jenen systematischen Vortrag entwickelte, um dessentwillen er die »Briefe über den Optimismus« abgebrochen hatte.

Anlaß zu der Bemerkung gibt ihm die Epikureische Weltentstehungslehre, die keine anderen Ursachen als zufällige und keine anderen Gesetze als mechanische kennt. Hiergegen erinnert Lambert:

»Allein mit den Sätzen der Mechanik läßt sich eine so gelegentliche Entstehungsart des Weltbaus nicht zusammenreimen, weil diese zeigen, daß ein System, welches nicht im Gleichgewicht oder nicht im Beharrungsstande ist, sich demselben entweder in Form von Oszillationen oder auf eine asymptotische Art nähere, und daß gar nicht Ewigkeiten dazu erfordert werden«[24].

Es ist also in Betracht der Dauer unserer Welt das Erfordernis eines höheren Gleichgewichts, wenn wir uns schon bei der Weltentstehung andere als nur mechanische Kräfte wirksam denken. In einem nach mechanischen Gesetzen entstehenden Weltall hätten wir nur »ein System von Körpern, die nicht organisiert sind, die sich nicht, jeder nach seiner Art fortpflanzen, und wobei weder Verstand noch Willen ist. Man muß daher zu den bewegenden Kräften allerdings noch Kräfte des Verstandes und Willens annehmen, wenn man die Entstehungsart der Welt beschreiben will«[25].

Hier erfahren wir zum erstenmal von den dreierlei Kräften, die Lambert allem Geschehen in der Welt zugrundelegt. Gleichzeitig fällt von der Ablehnung der mechanistischen Lehre Epikurs ein neues Licht auf Lamberts Stellung zur Kosmogenie Kants.

Für Lambert konnte – auch abgesehen von seiner Religiosität – nicht der geringste Zweifel darüber bestehen, was es hieß, die Welt nach keinen anderen als nach mechanischen Gesetzen entstanden zu denken. Es hieß das Leben, die Vernunft, den Willen als erst später und nur gelegentlich hinzugekommene und nicht eigentlich schöpferische Qualitäten verstehen, der toten Materie aber eine Vormachtstellung zuerkennen, die das wahre Verhältnis des Menschen zu der ihn umgebenden Natur in geradezu verhängnisvoller Weise verfälscht.

Die Dreiheit der Kräfte, wie sie Lambert bei der Entstehung der Welt als wirksam annimmt, stellen das Grundthema dar, das die Architektonik und – in einer ins Methodische verwandelten Form – alle wissenschaftlichen Arbeiten aus Lamberts Hand durchzieht.

Materielles, von den bewegenden Kräften getragenes Sein einerseits und geistiges Sein, wie es sich in den Kräften des Verstandes und des Willens manifestiert, andererseits, haben jedes den ihnen zukommenden Platz im Weltganzen inne. Jede wissenschaftliche Theorie muß, soweit sie wissenschaftlich sein will, dieses Grundverhältnis widerspiegeln.

Es ist äußerst aufschlußreich, von der Kosmogenie ausgehend die Dreiheit der Kräfte zum Probierstein für die Weltansicht Lamberts und Kants zu machen.

Der an Jahren jüngere, an Werken ältere Lambert schrieb seine Gedanken zu einer Grundlegung der Naturwissenschaft in der Architektonik innerhalb eines einzigen Jahres nieder. Diese Grundlegung der Naturwissenschaft ist von dem Thema der drei Kräfte des Wirkens, Wissens und Wollens in manigfacher Abwandlung durchzogen. Die drei Kräfte bilden ein Fundament, von dem Lambert in allen speziellen Untersuchungen naturwissenschaftlichen Inhalts ausgehen konnte, ohne je diesem Fundament noch etwas hinzufügen zu müssen.

Zur gleichen Zeit sah Kant sich von jahrzehntelangen Bemühungen um die Reinheit der Methode in Anspruch genommen. Er verfuhr dabei mit einer Gründlichkeit, die ihn erst viele Jahre nach Lamberts Tod den vollen Umkreis jener Dreiheit der Kräfte durchlaufen ließ, die Lambert in der Architektonik abgehandelt hatte: Die Kräfte des Verstandes in der Kritik der reinen Vernunft, die Kräfte des Willens in der Kritik der praktischen Vernunft und die Kräfte des Wirkens in der Kritik der teleologischen Urteilskraft.

Es ist an dieser Stelle unerläßlich, einige Worte über diejenige Grundlehre der Naturwissenschaft zu sagen, zu der nach Lamberts eigenen Worten[26], die Lehre von den drei Kräften zu rechnen ist. Es ist das die Ontologie. Volles Verständnis für Lamberts Bedeutung in der Naturwissenschaft läßt sich nur dann erreichen, wenn wir erkennen, daß alle seine Leistungen als Naturforscher in genauer Korrespondenz zu einer von ihm klar herausgearbeiteten Stellung zur Ontologie seiner Zeit stehen.

Die Methoden, die Lambert anwendet, die Richtung, die er in der Untersuchung eines Problems einschlägt, die Art, wie er seine Ergebnisse formuliert, das alles hat seine Wurzel im Ontologischen. Es sind nur wenige Grundsätze, die er in der Architektonik zu einem ontologischen Fundament der Naturwissenschaft im Hinblick auf alle möglichen Anwendungen zusammengetragen hat.

Diese Grundsätze Lamberts wären geeignet gewesen, die Ontologie zu revolutionieren – und sie in einem Maße den neuen Bedürfnissen der Forschung anzupassen, das dem Zusammenhang von Philosophie und Naturwissenschaft die Kontinuität auf lange Zeit hätte sichern können. Daß dieses nicht geschah, lag an jener Revolution der Ontologie, die durch Kant in einem so ganz anderen Sinne unternommen wurde und durch ihre hohe Bedeutung die Ergebnisse Lamberts in Vergessenheit geraten ließ.

Ein erster dieser ontologischen Grundsätze Lamberts ist in der Lehre von den drei Kräften ausgesprochen. Sie bilden zusammen mit der Substanz die Grundlage dieser Welt.

Die Wirkungsweise der drei Kräfte, ihr gestaltendes Vermögen, ihre Durchdringung, gegenseitige Einflußnahme und Abhängigkeit ist ein von Lambert dank seiner Umsicht in unübersehbarer Vielfalt abgewandeltes Thema.

Die Mannigfaltigkeit der von Lambert in Betracht gezogenen Zusammenhänge drückt sich allein in der Zahl der Synonyme aus, die er für die dreierlei Kräfte findet:

Die Kräfte des Verstandes treten auch als Erkenntniskräfte, logische Kräfte, Kräfte des Denkens oder Wissens auf, die Kräfte des Willens sind Begehrungskräfte, moralische und politische Kräfte oder Kräfte des Wollens; die bewegenden Kräfte endlich heißen auch physische, das sind mechanische und chemische Kräfte, Kräfte des Könnens oder Kräfte des Wirkens[27].

Die Substanz, die Lambert aus noch zu erörternden Gründen »das Solide« nennt, ist das allgemeine Prinzipium, dem die drei Kräfte als modifizierende Vermögen hinzugesetzt werden:

»Das Solide wird in allen drei Reichen der Wahrheiten zum Grunde gelegt. Das erste, was wir nun demselben entweder als eine Bestimmung oder als eine besondere Art von Substanz zusetzen können, ist die Kraft, im transzendenten Verstande genommen, es mögen nun das Denken, Wollen und Können wirklich verschiedene Arten oder nur besondere Bestimmungen oder auch nur Modifikationen derselben sein, oder auch uns nur als drei verschiedene Gestalten oder sinnliche Bilder einer und eben derselben Kraft vorkommen«[28].

Das Verhältnis des Soliden und der Kräfte zueinander, wie wir es hier als ein Grundverhältnis des Weltzusammenhangs kennen lernen, ist nicht einfach das von Subjekt und Objekt: »Wie nun das Solide das Subjekt dieser Kräfte ist, so ist es auch hin wiederum das Objekt derselben«[28].

Lambert geht noch weiter. Mit allem Nachdruck weist er auf ein denkendes, wollendes und wirkendes Wesen hin, das sich ebenso zum Objekt wie zum Subjekt dieser seiner denkenden, wollenden und wirkenden Kräfte machen kann:

»Man setze eine Substanz, die denke, wolle und könne. Sofern diese sich selbst denkt, sofern sie sich als eine Realität, und folglich als die Anlage des metaphysisch Guten und Vollkommenen vorstellet und durch ihre Kraft subsistiert; so fern ist sie sich selbst ihr Objekt.

Sofern aber dieses Denken, Wollen und Können sich außer ihr äußert, so fern sind immer andere Substanzen ihr Objekt«[29].

»Dieses« – darin zeigt sich Lamberts gründliche Einsicht in die Natur des Menschen und der ihn umgebenden Dinge – »wird, wo ich nicht ganz und gar irre, der echte und wahre Weg sein, die einige und erste Quelle, Grundlage und Anfang aller drei Reiche der logischen, metaphysischen und moralischen Wahrheiten, des Möglichen, des Realen und des Wirklichen zu bestimmen«[29].

Der Gedanke an die »points metaphysiques« bei Leibniz, an die Monaden, liegt hier nahe. Gleichwohl ist Lamberts Wiederaufnahme dieses Gedankens durchaus kritisch. Es steht dieses Beispiel für viele, die die Art erläutern, in der Lambert Leibnizsches Gedankengut aufnahm und weiterentwickelte. Über die »points metaphysiques« schreibt Lambert an von Holland:

»Ich kann nicht sagen, daß ich mir die Lehre von den Monaden und der Harmonia praestabilita umständlich bekannt gemacht habe. Es fehlte dabei nicht daran, daß diese Beweise zu schwer wären; denn ich glaube, noch ungleich schwerere durchgedacht, gelernt und selbster geführet zu haben, aber bei diesen sahe ich klar, daß es Schritt für Schrit

fortgehet, und dieses sahe ich bei den Beweisen der Monaden und der Harmonia praestabilita nicht, sondern Sprünge, bloße Wörter, pars pro toto etc.«[30].

In der Architektonik ist Lambert überall der Lehre von den Monaden und der praestabilierten Harmonie aus dem Wege gegangen: »Von Monaden kommt ... in dem ganzen Werke nichts vor«[31].

Immer gilt für Lambert in seinem Verhältnis zu Leibniz das »magis amica veritas«. Es hindert ihn freilich nicht, das Wertvolle aus den Gedanken seines großen Vorgängers auszusuchen und fruchtbar zu machen.

Noch in einem anderen bewegt sich Lambert auf Wegen, die vor ihm schon ein anderer eingeschlagen hatte. Seine gelegentliche Äußerung, daß sowohl das Solide wie die Kräfte möglicherweise Gattungen einer und derselben Substanz sind, erinnert an die Rolle der Substanz in der Ethica des Spinoza. In der Tat lesen wir in der Architektonik:

»Spinoza ging in Aufsuchung der Substanz so weit, daß er glaubte, der Begriff einer Substanz bedürfe keines Begriffes einer anderen Sache, von welchem er formiert werden müsse«[32]. Lambert kommt dieser Auffassung in der Lehre von den einfachen Begriffen sehr nahe.

Besonders wird in der Architektonik betont, daß »die Kräfte immaterielle Substanzen sind, die sich uns nur durch ihre Wirkungen zu erkennen geben«[33].

Bei Gelegenheit eines Briefes hat Lambert die Vermutung ausgesprochen, daß auch unsere Seele eine immaterielle Substanz sei, und in vielen Fällen mit den Kräften des Denkens und Wollens gleichgesetzt werden könne[34].

Wie dem auch sei, wir können doch sagen, daß das Solide nur eine, nähmlich die materielle Spielart der Substanz ist. Lambert spricht von der Möglichkeit, daß das Solide durch die Kräfte allererst zur Existenz gebracht werden könne[35]. Damit rechtfertigt es sich, es unter den Substanzen mit dem besonderen Namen des Soliden zu benennen.

Es war Leibniz gewesen, der zum ersten Male die Kräfte als Seinsprinzipien annahm. Im Grunde fällt es nicht schwer, die Auffassung Lamberts bis zur Aristotelischen Metaphysik zurückzuführen. Das was Aristoteles unter Hyle verstand, ist im wesentlichen dasselbe wie das Solide bei Lambert. Die Entelechien kehren ganz ins Dynamische umgedeutet als die drei Kräfte wieder.

Nachdem einmal das Solide und die Kräfte als die Grundprinzipien des Seins aufgedeckt sind, gilt die nächste Frage der Form, in der die

Kräfte – das Solide gestaltend – in Erscheinung treten. In der Beantwortung dieser Frage ist Lambert besonders ausführlich. Und überall wird deutlich, wie er den Kräften des Verstandes und des Willens die gleiche Realität zumißt wie den bewegenden Kräften.

Diese Wendung der Realitätsverhältnisse bewährt sich in allen wissenschaftlichen Arbeiten Lamberts auf das glücklichste. Für ihn ist die Methode ebenso real wie der Gegenstand der Untersuchung. Überall ist der Gedanke lebendig, daß ein Objekt nicht ins Auge gefaßt werden könne, ohne daß man sich zugleich über die Art Rechenschaft gebe, wie die Kräfte des Verstandes zur Lösung des Problems am besten zur Wirksamkeit gebracht werden können.

Über die Dreiheit der Kräfte ist zunächst folgendes zu sagen. Den Kräften entsprechen »ebensoviele allgemeine Gattungen des Bandes, wodurch einzelne Individuen auf vielfältige Weise zusammengenommen als ein Individuum angesehen werden können, dergl. z. E. ganze Staaten, einzelne Provinzen, Städte, Sozietäten, Familien etc., Pflanzen, Tiere, Steine, Häuser, Maschinen etc., einzelne Lehrgebäude, Hypothesen, Gedenkensarten, Glaubensbekenntnisse, Lebensarten etc. sind«[36].

Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes sei noch näher auf die von den drei Kräften zusammengehaltenen Ganzen oder Systeme eingegangen. Lambert hat hierüber eine eigene Abhandlung verfaßt, das Fragment einer Systematologie«[37].

Hier finden sich zunächst die einfachen Systeme zusammengestellt; d.h. diejenigen, die ihren Zusammenhalt nur einer einzigen der drei Gattungen von Kräften verdanken:

»1) Systeme, die schlechthin nur durch die Kräfte des Verstandes ihre Verbindung erhalten:

Das System der Wahrheiten überhaupt; einzelne Systeme von Wissenschaften, Theorien; etc.; Gedenkensarten einzelner Völker, Menschen, etc.; Glaubensbekenntnisse, symbolische Bücher, etc.; Erzählungen, Fabeln, Gedichte, Reden, etc.

2) Systeme, die durch die Kräfte des Willens ihre Verbindung erhalten:

Systeme von Entschließungen; Verträge; Gesellschaften; Staaten.

3) Systeme, die durch die mechanischen Kräfte ihre Verbindung erhalten:

Der Weltbau; einzelne Sonnen- und Planetensysteme; die Erde insbesondere, und auf dieser das System der drei Reiche der Natur; Systeme der Kunst, wohin Maschinen, Gebäude, Instrumente, etc. gerechnet werden; Systeme von Ursachen und Wirkungen«[38].

Wenden wir uns zuerst der dritten Gruppe zu, also den Systemen, die durch die mechanischen Kräfte zusammengehalten werden. In ihnen sind die Dinge, auf die es letztlich ankommt, die materiellen Körper der nach physikalischen und chemischen Gesetzen ablaufenden Natur. Aufgrund seiner hier rein theoretisch durchgeführten Überlegungen stellt Lambert für diese Körper ein interessantes allgemeines Forschungsprinzip auf. Wenn nämlich die bewegenden Kräfte das eigentliche Band der materiellen Körper sind, so argumentiert er, dann müssen die Eigenschaften der Körper aus der durch die bindenden Kräfte bedingten Struktur der Körper ableitbar sein. Auch müssen ebenso umgekehrt gewissen Eigenschaften bestimmte Strukturmerkmale entsprechen.

Ein Beispiel bietet die physikalische Eigenschaft der Elastizität: »Die erste Anlage zur Elastizität kann man, ohne den Begriff der Kraft mitzunehmen, in dem Soliden selbst nicht finden, weil z. E. ohne dieselbe die Luft so wenig elastisch sein würde als ein Haufen Staubes«[39].

Wir können unter diesen Umständen für die Erforschung der physikalisch-chemischen Natur der materiellen Welt das allgemeine Prinzip aufstellen: »Was die Struktur S hat, hat die Eigenschaft A, und hinwiederum:

Was die Eigenschaft A hat, hat die Struktur S«[40].

An zweiter Stelle wenden wir uns dem zu, was durch die Kräfte des Verstandes zusammengehalten wird. Auch hier zeigt sich Lambert bemüht, nicht im Theoretischen zu verharren, sondern dem so allgemeinen Gegenstand eine lebendige und unmittelbar zu greifende Bedeutung zu geben. Er sagt: »Hier ist nun eigentlich nicht von dem ganzen Reiche der Wahrheiten die Rede, wo alles als schon zusammengesetzt, in Ordnung gebracht und miteinander verbunden angesehen werden muß, und wo jede Zusammensetzung, die in den Dingen selbst ist, bereits schon in den Begriffen und Sätzen, als in den Bildern und Abdrücken der Sachen vorkommt.

Wir werden hier die Kräfte des Verstandes und den Inbegriff der Wahrheiten so nehmen, wie sie in den einzelnen denkenden Wesen im gewissen Grade vorkommen, und daher diesen Inbegriff als ein individuales Ganzes betrachten, wie wir bereits oben einzelne Gedenkensarten, Glaubensbekenntnisse, Hypothesen, Lehrgebäude, Lebensarten etc. als solche Ganzen beispielsweise angeführt haben«[41].

Die Bedeutung der Kräfte des Verstandes beansprucht hier für sich genommen ein eigenes Interesse durch die Entschiedenheit, mit der das Reich der Wahrheit als Allgemeines von der Wahrheit als individualer

Wahrheit unterschieden wird. Das an sich bestehende Reich der Wahrheit manifestiert sich jeweils bis zu einem gewissen Grade in den einzelnen erkennenden Wesen, und dieser Anteil des einzelnen kann nach geschichtlichen und persönlichen Umständen sehr verschieden sein.

Darin ist jener Sachverhalt formuliert, der seine prägnanteste Fassung durch Hegels Philosophie des Geistes, und zwar in seiner Unterscheidung der Wahrheit an sich und der Wahrheit für sich erfahren hat[42].

Es ist besonders bemerkenswert, daß der so streng analytisch denkende Lambert der individualen Wahrheit, wie sie ein einzelner findet, so viel Geltung zukommen läßt. In seiner Erfindungskunst hält er als eine seiner wichtigsten Erfahrungen fest, daß jeder Erfinder seine eigene Methode habe. Der eigentliche Vorzug in seinen theoretischen Überlegungen ist der, daß er sich in den historischen Werdegang einer Wissenschaft hineindenken konnte. Er besaß wohl als einer der wenigen Naturforscher seiner Zeit den Weitblick, zu erkennen, daß der Gang der Naturwissenschaften im Laufe der Jahrhunderte völlig entgegengesetzte Denkrichtungen durchschreite. Lambert ist hierin dem dialektischen Denken Hegels näher, als sein ganz den Naturwissenschaften zugewandtes Interesse vermuten läßt.

Viel älter als der Begriff der individualen Wahrheit ist freilich der Gedanke eines an sich bestehenden Reiches der Wahrheit. Ursprünglich in der Ideenlehre Platons angelegt, blieb er durch das ganze Mittelalter lebendig und wurde insbesondere von Leibniz wieder zu konstitutiver Bedeutung erhoben. Nicht anders als für Leibniz ist für Lambert das Reich der Wahrheit »das ganze System aller Begriffe, Sätze und Verhältnisse, die nur immer möglich sind als bereits in seiner Verbindung und Zusammenhange«[43].

Ganz ähnlich wie in der Ideenlehre Platons findet sich bei Lambert auch jene überaus charakteristische Verquickung des Wahren mit dem Guten wieder. Die metaphysische Einheit, Wahrheit und Güte sind für ihn die primären Eigenschaften aller Dinge. Wir werden hierauf noch in dem Kapitel über den Zusammenhang von logischer und metaphysischer Wahrheit eingehen. Hier genüge der Hinweis, daß schon in der Dreiheit der Kräfte der Bedeutung des Guten ebenso sehr Rechnung getragen wird wie der des Wahren: »Das Gute ist für den Willen, was das Wahre für den Verstand ist«[44].

Damit wenden wir uns drittens den Systemen zu, die durch die Kräfte des Willens verbunden sind. Die enge Verknüpfung von Wahrem und Gutem ist eine praktische Realität des Lebens:

»Die Kräfte des Verstandes bleiben nicht bloß beim Wahren stehen, sondern haben auf die anderen Arten von Kräften einen starken Einfluß... Das Wahre, in seinem Objekt betrachtet, kommt unter dem Bild des Guten vor und setzt daher den Willen in Bewegung«[45].

Und umgekehrt: »Die Überlegung, die einer Tätigkeit der Willenskräfte vorhergeht, ist ein Werk der Erkenntniskräfte, und diese müssen das Gute in der Sache überwiegend zeigen, ehe sich der Wille dazu determiniert«[46].

Besonders deutlich wird dieses Zusammenspiel der Erkenntnis- und Willenskräfte in der Politik: Während »das Band der Freundschaft sich auf die Gleichheit der Gesinnung und auf die Harmonie der Gemüter gründet«, hängen »die Sozietäten, welche sich auf Verpflichtungen und Verträge gründen, mehr von einem vorbedachten Vorsatze ab, sofern man sich frei dazu entschließt«[46].

»Die Kräfte des Willens sind gewissermaßen eine Mittelstufe zwischen den Kräften des Verstandes und den Kräften zu wirken, und mit diesen beiden genau verbunden«[47].

Die Wechselwirkung und Durchdringung der verschiedenen Gattungen von Kräften führt zu einer Reihe von interessanten Weiterungen, von denen Lambert nicht wenige ins Auge gefaßt hat.

Dies ist umso bemerkenswerter, als Lambert dadurch die Verbundenheit der geistigen und materiellen Kräfte in praxi aufsuchte, statt sich auf die unfruchtbaren Spekulationen über das Problem des Parallellismus einzulassen. Wir werden sehen, wie sehr er damit einer echten Überwindung der Cartesischen Zweisubstanzenlehre vorarbeitete.

Über die Abhängigkeit und Verbindung, die die drei Arten von verbindenden Kräften unter sich haben, können wir folgendes sagen:

»1) Ein bloß theoretisches System fordert, an sich betrachtet, weiter nichts als Kenntnisse und die Kräfte des Verstandes. Insofern ist es von den übrigen Arten von Kräften unabhängig.
2) Hingegen setzen die Kräfte des Willens, wenn es nicht blinde Triebe, sondern zweckmäßige Entschließungen betreffen soll, den Gebrauch des Verstandes voraus. Ohne diesen läßt sich an Systeme von Mitteln und Absichten nicht gedenken.
3) Die physischen Kräfte kommen in der Natur an sich schon vor, und die dadurch verbundenen physischen Systeme sind ebenfalls schon vorhanden.
4) Indessen geben sie dem Verstande Stoff zu seinen Erkenntnissen und Theorien, und dem Willen Stoff zu Entschließungen.

5) Da aber auch dem Menschen Kräfte gegeben sind, in der Natur Veränderungen hervorzubringen, so können die ersterwähnten Systeme von Mitteln und Absichten, sofern ihre Erfindung und Anordnung vom Menschen abhängt, zur Wirklichkeit gebracht werden.
6) Daß der Wille, oder eigentlicher zu sagen, die Affekte einen Einfluß auf die Kenntnisse und Theorien des Verstandes haben und denselben in Irrtum und Vorurteile verleiten können, wird wohl niemand in Abrede sein«[48].

An diesen Beispielen läßt sich deutlich ablesen, wie die Wirksamkeit der drei Gattungen von Kräften eine feste Ordnung und Gliederung der Wirklichkeit nach logischen, moralischen und metaphysischen Gesichtspunkten nach sich zieht. Es ist dies eine Gliederung, die in weitgehender Ähnlichkeit zu einer holistischen Stufenfolge verläuft. Wenn sie nicht in allen Punkten damit übereinstimmt, so liegt das an jener entschiedenen Betonung, mit der Lambert die Kräfte des Verstandes und des Willens hervorhebt. Diese geistigen Vermögen haben für Lambert eine derartige Bedeutung, daß sie sogar der wissenschaftlichen Methode in seinen Arbeiten ihren Stempel aufgedrückt haben.

So müssen nach seiner Auffassung die Erfordernisse, die eine Wissenschaft zu erfüllen hat, aus den Absichten bestimmt werden, zu welcher sie dienen soll. Dazu gehören die Sicherheit ihrer Ergebnisse, die Deutlichkeit ihrer Methoden und die Verläßlichkeit ihrer Realitätsbezogenheit kurz ihre Anwendbarkeit.

Es ist für sich klar, daß diese Ziele nicht durch den Verstand allein erreicht werden können, sondern der Wille muß sich immer erneut zu ihrer Verwirklichung determinieren. Es versteht sich ferner, daß die in den bewegenden Kräften ruhende Wirklichkeit der Dinge die Art der anzuwendenden Methoden entscheidend beeinflußt: »Jedes Objekt erfordert andere Wege«[49].

Wie überhaupt der Verstand und der Wille sich überall nach dem ihnen Reich der bewegenden Kräfte gelassenen Spielraum einzuschränken und zu bestimmen haben, das hat Lambert in den Kapiteln von »Bestimmen« und vom »Zusammensetzen«, dem 16. und 17. der Architektonik dargestellt.

Die Ordnung und Gliederung der Wirklichkeit nach Maßgabe der drei Kräfte ist nicht eigentlich eine Schichtenlehre in dem Sinne, daß die Wirklichkeit als eine Stufenfolge einander übergeordneter Reiche der Natur angesehen wird. Eher ließen sich den drei Kräften entsprechend in

Lamberts Architektonik drei Sphären der Wirklichkeit unterscheiden. Diese Sphären hätten der besonderen Bedeutung zu entsprechen, die Lambert in seiner Ontologie den Kräften des Verstandes und des Willens zuerkannte, also vor allem diejenige Gliederung der Wirklichkeit widerzuspiegeln, wie sie der Mensch dieser Welt nach seinen Vermögen zu wissen, zu wollen und zu wirken aufprägt. Es wäre damit der Geistigkeit des Weltbildes ein noch entschiedenerer Ausdruck verliehen, als es in den meisten naturwissenschaftlich orientierten Stufenlehren geschieht.

Jedoch zeigt sich Lamberts Ontologie der Naturwissenschaft in folgendem einer Schichtenlehre näher verwandt. Die Konzeption einer Schichtenlehre trägt dem Bedürfnis Rechnung, die gesamte Wirklichkeit nach Analogie eingängig anschaulicher Vorstellungen zu verstehen. Im gleichen Sinne aber ist ein Programm gemeint, zu dessen Verwirklichung Lambert der menschliche Geist geradezu prädestiniert erschien, und von dem er sich eine überaus fruchtbare Bereicherung naturwissenschaftlicher Methoden versprach. Dieses Programm ist der Plan einer systematischen Vergleichung der Körperwelt und der Intellektualwelt.

Es wird hiervon ausführlich in dem Kapitel über die Sprache die Rede sein. Die Vergleichung der Körper- mit der Intellektualwelt ist ein Teil der Leibnizschen Characteristica universalis, über die Lambert zeit seines Lebens nachgedacht hat. Von den Anregungen, die auf diesem Gebiet von ihm ausgegangen sind, werden wir ohne Schwierigkeit Verbindungslinien zu heute allgemein interessierenden Themen der Wissenschaften ziehen können, nähmlich zur Grundlagenforschung der Naturwissenschaften, zur mathematischen Logik und zur Sprachphilosophie.

V. FORM UND INHALT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNIS

In allen naturwissenschaftlichen Theorien und Lehrgebäuden ist zweierlei zu unterscheiden: die Form und die Materie unserer Erkenntnis. Die Form unserer Erkenntnis beruht vor allem auf den Kräften des Verstandes, die Materie unserer Erkenntnis ist die gesamte Wirklichkeit, wie sie sich auf die drei Kräfte und das Solide gründet.

Insbesondere ist in der Naturwissenschaft, wenn von der Form der Erkenntnis die Rede ist, an die Logik und Mathematik zu denken. Diese beiden Disziplinen sind geeignet, uns den Plan zu einer jeden einzelnen Naturwissenschaft anzugeben; sie können uns – wenn wir einmal durch

Erfahrung zu den richtigen Grundvoraussetzungen gekommen sind – zu Voraussagen dienen, die wir sonst auf keine Weise hätten finden können; sie kürzen uns überall den Weg von der einzelnen Erscheinung zum gesamten System der Natur ab.

Die Bedingung aber, daß wir die richtigen Grundvoraussetzungen gewählt haben, ist die wichtigste und entscheidendste von allen; denn »die Gesetze des Denkens sind von der Art, daß sie uns durch einerlei Wege von Wahrheit zu Wahrheit und von Irrtum zu Irrtum leiten. Sie zeigen, wie man gehen soll, und lassen hingegen unbestimmt, wo man anzufangen hat, weil sie nur die Form angeben, die Materie aber als eine Bedingung voraussetzen«[50].

Die Theorie der Form hat also eine Voraussetzung, die nie und nirgends eingespart werden kann, nämlich die Materie der Erkenntnis, deren Bestimmung der Erfahrung eigen ist.

Das für uns eigentlich Entscheidende ist der Übergang von der Form zur Materie unserer Erkenntnis. Er bestimmt die Eigenart aller derjenigen Denkbemühungen, in denen wir Logik und Mathematik auf die uns umgebende Wirklichkeit zur Anwendung bringen. Wirklich ist das Problem der Anwendung der Wissenschaften sehr nahe verwandt mit der Frage nach Form und Materie der Erkenntnis. Das Moment dieser Anwendung ist ein Problem, das Lambert – theoretisch wie praktisch – immer wieder beschäftigt hat. Sein Genie verband zwei hervorragende Eigenschaften miteinander. Die eine ist jene Stärke in der angewandten Mathematik, die zu erwähnen, wir schon mehrfach Gelegenheit hatten. Die andere ist eine überaus starke logische Begabung, derentwegen man ihn den größten Analytiker seiner Zeit nannte.

Die Frage nach dem Übergang von der Form zur Materie unserer Erkenntnis wurde so für Lambert zu einem Problem, das er durch die ihm eigentümliche Kraft des Denkens in allen Einzeluntersuchungen immer erneut hervorkehrte.

Schon in seinem ersten Brief an Kant schrieb er: »Von der Form allein kommt man zu keiner Materie und man bleibt im Idealen und in bloßen Terminologien stecken, wenn man sich nicht um das Erste und für sich Gedenkbare der Materie oder des objektiven Stoffes der Erkenntnis umsieht«[51].

In der Tat ist das Reich der Wahrheit, soweit es durch die Form unseres Denkens bestimmt ist, durchaus nur ideal, es beruht allein auf den Kräften des Verstandes. Was es vorstellt, ist das Denkmögliche, oder wie Lambert sagt, das »Gedenkbare«, die »logische Wahrheit«[52].

Das Gedenkbare aber ist nichts ohne die Existens. »Denn wie wir die Wörter, welche keinen möglichen oder für sich gedenkbaren Begriff vorstellen, leere Töne nennen, so würden auch die an sich gedenkbaren Begriffe leere oder schlechthin nur ideale Begriffe oder leere Träume sein, wenn das, was sie dem denkenden Wesen vorstellen, nicht wirklich etwas wäre ... Soll das Gedenkbare wirklich etwas vorstellen, so muß zu dem bloßen Nichtwidersprechen noch etwas Positives hinzukommen und dieses ist das Existieren-Können«[53].

Den Inbegriff alles dessen, was nicht nur gedenkbar ist sondern zugleich auch existieren kann, nennt Lambert im Unterschied zur logischen Wahrheit das Reich der metaphysischen Wahrheit. »Wie die logische Wahrheit die Grenzlinie zwischen dem bloß Symbolischen und dem Gedenkbaren ist, eben so ist auch die metaphysische Wahrheit die Grenzlinie zwischen dem bloß Gedenkbaren und dem wirklichen oder realen kategorischen Etwas«[54].

Das »reale kategorische Etwas« ist die Conditio sine qua non aller metaphysischen – und wie wir hinzufügen können – aller wissenschaftlichen Wahrheit:

»Die Bedingungen, welche die Theorie der Form voraussetzt, müssen einmal kategorisch werden; das will sagen: Man muß sich versichern, daß das, wobei man anfängt, wahr sei, damit die Wege, die uns sonst auch von Irrtum zu Irrtum führen können, wie dieses bei der Deductio ad absurdum geschieht, uns von Wahrheit zu Wahrheit führen«[55].

Damit die Theorie der Form uns zu richtigen Ergebnissen führe, ist also notwendig, daß sie ihren Anfang bei ein für allemal unumstößlichen Wahrheiten nehme. Die Theorie der Form kann uns immer nur von richtigen Voraussetzungen zu richtigen Konsequenzen führen; nie kann sie die Richtigkeit der Voraussetzungen selbst nachprüfen. Das ist nicht ihre Aufgabe und kann ihre Aufgabe nicht sein.

Dieser Tatbestand ist ein für die ganze Logik und die gesamte Mathematik gültiges Charakteristikum. Heute spricht man von dem axiomatischen Aufbau dieser Disziplinen als von etwas Selbstverständlichem. Lambert hingegen fand zu seiner Zeit für seine Bemühungen um die exakte Begründung der Naturwissenschaft so gut wie gar kein Verständnis.

Er bemühte sich jedoch nicht nur um die axiomatische Begründung der Mathematik und der Logik sondern auch um die Einführung axiomatischen Denkens in die wissenschaftliche Methode überhaupt.

In der Tat erstreckt Lambert seine Überlegungen über den ganzen Horizont unseres Wissens. In der Architektonik zeichnet er den Grundriß

einer Ontologie, die durchaus wissenschaftlich angelegt ist und in ihrer Wissenschaftlichkeit ein wahres Organon für die Einzeldisziplinen sein will. Entsprechend der historischen Situation, in der Lambert sich befand, gilt sein Hauptanliegen jedoch auch im Bereich der ontologischen Fundierung unseres Wissens an erster Stelle der Naturwissenschaft.

Als sich Lambert in diesem Rahmen mit der Frage nach Form und Materie unserer Erkenntnis zu beschäftigen anfing, sah er sie durch die zeitgenössische Philosophie in einer Weise beantwortet, die im Zeichen eines sich kräftig ausbreitenden Rationalismus stand.

Das Reich der Wahrheit, von dem Leibniz gesprochen hatte, wurde verstanden als ein in sich ruhendes, allein nach den Sätzen vom Widerspruch und vom zureichenden Grund geordnetes Ganzes, dessen Bezogenheit auf die Wirklichkeit durchaus problematisch blieb. Lambert beschreibt die Situation, die er vorfand, mit folgenden Worten:

»In der Metaphysik hat man die metaphysische Wahrheit durch die Ordnung, die in den Dingen selbst ist, definiert. Man sah nämlich, daß das logisch Wahre von dem Irrigen und Falschen, das metaphysisch Wahre aber von dem Traume müsse unterschieden werden. Diesen letzteren Unterschied fand man fürnehmlich darin, daß das Geträumte weder unter sich noch mit dem, was wir wachend erfahren, denjenigen Zusammenhang habe, den es haben würde, wenn es ein Stück der wirklichen Welt wäre«[56].

Das Entscheidende, was nun geschah, war, daß man begann, in dem durchgängigen Zusammenhang das Wesentliche der Wahrheit zu sehen. Man ließ sich dazu verleiten, die metaphysische Wahrheit »durch die Ordnung in den Dingen«[56] zu definieren. Ordnung und Zusammenhang ist jedoch auch in der logischen Wahrheit. So wird also die metaphysische Wahrheit durch diese Definition »von der logischen Wahrheit noch nicht unterschieden, weil letztere ebenfalls eine komplette Harmonie, Gedenkbarkeit und durchgängigen Grund und Zusammenhang hat. Was wir wachend sehen, empfinden, gedenken und vorstellen, läßt sich mit allem seinem Zusammenhange als gedenkbar ansehen, wenn auch nichts von demselben existierte. Demnach macht dieser Zusammenhang den Beweis, daß es existieren könne, noch nicht vollständig ... Man sieht leicht, daß noch das Solide und die Kräfte hinzugenommen werden müssen«[57].

Der Zusammenhang und die Widerspruchslosigkeit der Wahrheiten untereinander ist lediglich die negative Bedingung der Existenz. Allein die Existenz aber kann metaphysische und wissenschaftliche Wahrheit begründen.

Der Satz des Widerspruchs betrifft, wiewohl er geeignet ist, die Harmonie und Ordnung der Wahrheiten untereinander zu prüfen, demnach doch immer nur die Form der Erkenntnis, nicht aber ihren Inhalt:

»Der Satz des Widerspruchs ist verneinend und zeigt nur, wo das Mögliche und das Wahre nicht ist. Die positiven Möglichkeiten lassen sich daraus nicht geradehin erkennen[58]; der Satz des Widerspruchs ist nicht ein Prinzipium der Erkenntnis selbst, sondern nur des theoretischen Teiles der Probierkunst der menschlichen Erkenntnis«[59].

Lambert erhärtet diesen Satz, indem er die seiner Behauptung widerstreitende These durch ein Gegenbeispiel ad absurdum führt: Nehmen wir an, »jemand habe folgende drei Sätze:

1. Ein Viereck ist eine Figur.
2. Ein Triangel ist ein Viereck.
3. Ein Triangel ist keine Figur.

bisher für wahr gehalten«[60]. Die Folge je zweier dieser Sätze steht im Widerspruch zum jeweils dritten. Also können nicht alle drei Sätze zugleich richtig sein. Es ist aber nicht möglich, durch logische Schlüsse allein herauszubringen, welche Sätze wahr oder falsch sind. Wer also behauptet, der Satz vom Widerspruch könne als positives Prinzip unserer Erkenntnis gelten, sieht sich durch dieses Beispiel widerlegt: »Aus dem bloßen Widerspruch lassen sich die wahren Sätze von den falschen nicht unterscheiden«[60].

Der Leibniz-Wolffsche Rationalismus hatte die Rolle des Satzes vom Widerspruch ebenso wie die des Satzes vom zureichenden Grund zu hoch eingeschätzt und damit eine ausreichende Unterscheidung zwischen der Form und der Materie unserer Erkenntnis verfehlt.

»Indem man von der Realität wegen der Besorgnis des Scheines abstrahierte, und anstatt von der Sache selbst hergenommene Axiomata zu gebrauchen, sich nur an die Prinzipia hielt, die nicht den Stoff sondern nur die Form der Erkenntnis betrafen, so blieben höchstens nur Verhältnisbegriffe. Da sich aber aus bloßen Verhältnissen keine Sache bestimmen läßt, so war die Schwierigkeit immer noch ganz da, wie man nach der in der Ontologie angenommenen Ordnung zum Realen kommen könne?«[61]

Wie also kommen wir zum Realen? das war Lamberts Frage. Die Antwort ist folgender vielfach bekannt gewordener Grundsatz Lamberts:

»Das Reich der logischen Wahrheit, wäre ohne die metaphysische Wahrheit, die in den Dingen selbst ist, ein leerer Traum, und ohne ein

existierendes Suppositum intelligens[62] würde es auch nicht einmal ein Traum, sondern vollends garnichts sein.

Man kann demnach sagen, daß das Reich der logischen Wahrheit eine gedoppelte Basin oder Grund, worauf es beruhen könne, haben müsse. Einmal ein denkendes Wesen, damit sie in der Tat gedacht werde; und sodann die Sache selbst, die der Gegenstand des Gedenkbaren ist. Ersteres ist der subjektive, letzteres der objektive Grund, wodurch die logische Wahrheit in die metaphysische verwandelt wird«[63].

Die Antwort, die Lambert hier gibt, bedeutet nicht nur die Beimengung eines kräftigen Schusses Empirie in seine Theorie der Naturwissenschaft sondern zugleich eine Betonung der subjektiven Seite aller unserer Erkenntnis, die, wie wir heute unschwer erkennen, für die Naturwissenschaft hätte wegweisend sein können. Ferner hat Lambert in seiner Kritik an dem zum Idealismus hinneigenden Rationalismus »die metaphysische Wahrheit, die in den Dingen selbst ist« in aller Form wieder in ihre Rechte eingesetzt. Erst damit konnte wieder von einer Ontologie als der Lehre vom Sein der Dinge gesprochen werden. Andererseits hat er sich gleichwohl durch diese Kritik nicht dazu verleiten lassen, zu einem naiven Realismus zurückzukehren.

Die Eigentümlichkeit unserer im Subjektiven wie im Objektiven gegründeten Erkenntnis zählt Lambert zu den ersten und fundamentalen Wahrheiten einer jeden Ontologie[64].

Das eigentümliche und den gesamten Aufbau der Naturwissenschaft bestimmende Verhältnis von geistigem und materiellem Sein drückt sich aus in der doppelten Verankerung aller Wahrheiten in einem subjektiven und einem objektiven Grunde. Die ganze Eigenart dieses Verhältnisses tritt jedoch erst dann in unser Blickfeld ein, wenn wir uns vor Augen halten, daß uns als denkenden und erkennenden Wesen die Fähigkeit gegeben ist, die eigenen Verstandes- und Willenskräfte in das Licht unserer Erkenntnis zu rücken. Dieser eigentümliche Akt der Reflexion, in der wir die Kräfte des Verstandes als selbständige Gebilde ins Auge fassen, gibt uns zu allererst Anlaß, dem geistigen Sein Realität zuzuschreiben, oder wie Lambert mit einem sehr glücklich gewählten Ausdruck sagt, Realität »zuzueignen«:

»Da selbst in der Gedenkbarkeit, sowohl in Ansehung des denkenden Wesens, als in Ansehung der gedenkbaren Dinge, metaphysische Wahrheit sein muß, so eignen wir auch den für sich und durchaus gedenkbaren Begriffen auf eine transzendente Art metaphysische Wahrheit zu, weil sie schlechthin in einem denkenden Wesen und mit demselben müßten existieren können«[65].

Dieser Akt der Etablierung geistigen Seins ist für die gesamte Naturwissenschaft und insbesondere für die Mathematik und die Logik von ausschlaggebender Bedeutung. Den Begriffen und Sätzen wird eine eigene Realität zugeschrieben, obwohl ihre Seinsweise von der der Gegenstände der materiellen Welt denkbar verschieden ist. Voraussetzung für den Akt der Zueignung bleibt indessen jeweils der Nachweis der Möglichkeit des Begriffes oder Satzes:

»Bei Begriffen, die wir anfangs bloß auf eine symbolische Art durch Kombination der Wörter oder anderer Zeichen herausbringen, muß dieses erwiesen werden, weil die symbolischen Möglichkeiten weiter reichen als die komplette Gedenkbarkeit.

Auf diese Art habe ich z. E. in der Dianoiologie erwiesen, daß die Begriffe der vier Arten einfacher Sätze wahre Begriffe sind, das ist, daß sie irgend vorkommen und wahre Dings vorstellen, oder daß wahre Dinge die Veranlassung geben, daß man diese vier Arten von Sätzen bei denselben anwenden kann«[66].

Das Reich geistigen Seins kann noch weiter gefaßt werden:

»Ungeachtet die sogenannten Entia universalia so abstrakt, wie wir sie gedenken, nicht existieren und auch nicht existieren können, so können wir denselben dennoch eine metaphysische Wahrheit zueignen. Einmal weil sie in Concreto, das ist, mit denjenigen Bestimmungen, die zu denselben in den Individuis noch hinzukommen, existieren können; und sodann, weil die Kraft des Verstandes, wodurch wir sie besonders und ohne diese hinzukommenden Bestimmungen wirklich gedenken können, metaphysische Wahrheit hat«[67].

Die Bemerkung, daß wir auch den Entia universalia metaphysische Wahrheit und damit Realität zueignen können, ist für die Theorie der Naturwissenschaft von fundamentaler Wichtigkeit. Denn die Grundbegriffe der Naturwissenschaft sind letzten Endes solche Entia universalia: Größe, Einheit, Dimension usw. in der Mathematik, Masse, Geschwindigkeit, Energie usw. in der Physik, in der Biologie Leben, Organismus usw.

In der Tat haben diese allgemeinen Begriffe und die aus ihnen entspringenden Lehrsätze und Prinzipien in den einzelnen Naturwissenschaften praktisch dieselbe Bedeutung wie die Dinge selbst. So geht es z. B. nicht an, daß man in der Mathematik fragte: »ob man nicht dem Ptolomäischen Weltbaue, oder dem perpetuo mobili, oder der Quadratur des Zirkels zu Liebe einige Begriffe und Sätze der Geometrie ändern wolle, damit sie sich daraus erweisen und herleiten lassen«[68].

Ein Gebrauch übrigens, der, wie Lambert beklagt, in der Ontologie noch durchaus üblich sei[68].

Die Lehrsätze der Geometrie streiten wider die Existenz des Ptolomäischen Weltbaues, das heißt nichts anderes als: die Wirklichkeit des Weltalls selbst streitet gegen seine Existenz. Denn die Lehrsätze der Geometrie zusammen mit physikalischen, chemischen und anderen Prinzipien beinhalten die Vorstellung, die wir uns mit Hilfe unserer Erkenntniskräfte vom Weltall machen. Die uns zugängliche Realität des Weltalls ist also für diesen Fall die Realität der Lehrsätze der Geometrie, und hier ist der Rechtsgrund dafür, daß wir ihnen im Rahmen einer Theorie der Naturwissenschaft diese Realität zueignen.

Einen weiteren Bereich geistigen Seins geben uns die Kräfte des Willens an, »und zwar nicht nur so ferne wir die Kräfte des Verstandes, des Leibes und der Körperwelt gebrauchen wollen und sie nach dem Wollen wirklich gebrauchen, sondern fürnehmlich auch, so fern wir dadurch Sozietäten, Entia moralia zu Stande bringen. Denn so beruht das gemeinsame Band, wodurch eine Sozietät zu einem wirklichen Individuo wird, auf den sich wirklich äußernden Kräften des Willens, und so lange der Vertrag, auf welchen sich die Vergesellschaftung gründet, bei Kräften bleibt, ist in der Sozietät, so fern sie eine Sozietät ist, allerdings metaphysische Wahrheit«[69].

Weitere Fälle, in denen wir den von den Kräften zur Existenz gebrachten geistigen Wesenheiten Realität zueignen können, finden sich in der Lehre von den drei Kräften, so daß wir sie hier nicht alle besonders anführen wollen.

Den Begriff der metaphysischen Wahrheit analysiert Lambert noch genauer:

»Wir werden überhaupt einen Begriff transzendent nennen können, wenn wir denselben von seinem Gegenstande hinweg auf einen Gegenstand von ganz verschiedener Art bringen.

Und in diesem Verstande ist der Begriff Wahrheit auf eine gedoppelte Art transzendent, weil wir denselben von den Sätzen auf die Begriffe und von diesen auf die Dinge selbst transferieren und dadurch die logische Wahrheit in die metaphysische verwandeln«[70].

Nicht anders »wird man alles, was über unsere Sinne, und so auch alles, was über unsere Begriffe hinweggesetzt, an sich aber doch wahr und real ist, transzendent nennen können. So wurde allem Ansehen nach von den Metaphysikern die sogenannte metaphysische Einheit, Wahrheit und Güte der Dinge transzendent genennet«[70].

Der ganze Weltzusammenhang hat nach Lamberts Auffassung seine Wurzel in dieser metaphysischen Einheit, Wahrheit und Güte der Dinge. Wie wir sehen werden, ist das eine Auffassung, in der sich für Lambert

ontologische, mathematische und biologische Gedanken in eindrucksvoller Vielfalt mit der Leibnizschen Theodizee verbinden. Leibniz hatte gelehrt, daß unsere Welt die beste aller Welten sei und Lambert hatte gezeigt, wie unser Weltall von dem Walten gottgewollter Zweckmäßigkeit erfüllt ist.

Lamberts Frage gilt zuerst den Absichten, die wir in der Welt beobachten, seien es nun Absichten Gottes oder solche, in denen wir selbst gleichsam als Werkzeug zur Verwirklichung des Guten tätig sind:

»Verstand und Willen tragen dazu bei, die Ursachen zu Mitteln und die Wirkungen zu Absichten zu machen und dadurch das, was sonst schlechthin nur physisch oder metaphysisch wäre, ins Moralische zu verwandeln«[71].

Neben das Wahre und das Wirkliche tritt das Gute als göttliche Kraft, und unser Tun ist an die Mittel und Absichten geknüpft, die dieses Gute verwirklichen können.

»Wie bei den Gründen des Wahren und des Daseins gibt es bei den Mitteln ein Erstes oder einen Anfang, so viel man auch der Zeit und der Ausdehnung nach zusammengeordnete gedenken will.

Setzt man nun, daß Mittel, das will sagen Dinge und Kräfte, so zusammengeordnet werden, daß immer eines aus dem andern folget, so entsteht eine Reihe von Mitteln und Absichten, die ins Unendliche fortgeht, und da gibt es kein wirklich existierendes Letztes«[72].

Nun hat man aber in der Algebra »Beispiele, welche zeigen, daß ungeachtet in unendlichen Reihen kein letztes Glied ist, dennoch dasjenige, welches das letzte sein müßte, gefunden und zugleich die Summe der Reihe, auch wenn sie unendlich groß ist mit anderen verglichen werden kann, die von gleicher Dimension sind«[72].

Unserer menschlichen Erkenntnis ist es nicht möglich, die letzte in jener unendlichen Reihe von Absichten ausfindig zu machen. Wir können uns eine letzte Absicht nur auf eine ideale Art vorstellen. Währenddem liegt es nahe, daß wir uns jedes Glied der unendlichen Reihe an sich schon als eine Absicht denken. Wir kommen so zu der Auffassung, daß jedes Wesen schon um seiner selbst willen da ist, ein Gedanke, den Kant in der Kritik der teleologischen Urteilskraft als grundlegend für die Biologie erkannte[73].

»Die letzte Absicht kann man sich nun nicht anders als auf eine bloß ideale Art vorstellen, und man sieht leicht, daß, wenn derselben allein zu Gefallen die ganze Reihe angeordnet wäre, so daß jedes Glied als Mittel, nicht aber für sich schon als eine Absicht angesehen werden müßte, die

ganze Reihe fruchtlos sein würde, weil das letzte Glied niemals existieren kann.

Ist aber hingegen jedes Glied an sich schon eine Absicht und zugleich ein Mittel, die folgenden Glieder zur Wirklichkeit zu bringen, so ist hier von einer letzten Absicht nicht die Rede, sondern es kommt auf die Summe aller einzelnen Absichten an, und diese besteht in der Summe des Guten, das in jedem Gliede der Reihe ist«[74].

Sehen wir nun, wie Lambert seine Gedanken über die im Einzelwesen lebendigen Absichten mit der Leibnizschen Theodizee verbindet:

»Es wird nun nicht schwer sein, dieses auf die wirkliche Welt anzuwenden, wenn wir dieselbe als eine fortdauernde Wirkung aller göttlichen Vollkommenheiten zusammengenommen betrachten.

Der Weltbau, als ein Ganzes betrachtet, muß an sich schon, wenn er soll im Beharrungsstand bleiben können, in seiner inneren metaphysischen Güte, Ordnung, Zusammenhang und Vollkommenheit ein Maximum haben. Und ebenso wird er auch dem göttlichen Willen, der auf das Beste geht, gemäß angenommen. Die Güte und Einfachheit in dem Vollkommenen ist die Realität, und diese ist zugleich die erste Anlage zu jeden Vollkommenheiten im Zusammengesetzten.

Soweit nun in dem Weltbaue die göttlichen Vollkommenheiten tätig wirken, ist die Wirkung Realität und Vollkommenheit. Demnach ist das metaphysische Übel, welches bei endlichen Dingen schlechthin in dem Mangel fernerer Realität und Vollkommenheit besteht, nur da, wo die göttlichen Vollkommenheiten nicht wirken«[75].

Die Betrachtungen Lamberts greifen hier auf spekulatives Gebiet über. Wir glaubten sie aber dennoch erwähnen zu sollen, damit deutlich werde, wie derselbe Akt, mit dem Lambert dem geistigen Sein von Begriffen und Sätzen Realität zueignet, ihn auf der anderen Seite dahin führt, den wirklichen, realen Dingen dieser Welt eine metaphysische Wahrheit zuzueignen. Wieder verbindet sich für Lambert der theoretische Aspekt mit einem dringenden religiösen Anliegen. In der metaphysischen Wahrheit der Dinge liegt für ihn ihre göttliche Vollkommenheit.

Wie so oft begegnen wir einem Gedanken, der neben der Anwendung in der Theorie der Naturwissenschaft einem religiösen Interesse gerecht wird. Es ist jenes Anliegen, das Lambert schon in den Cosmologischen Briefen für so wichtig erachtet hatte: Die Versöhnung des mechanischen und des teleologischen Weltbildes, die Vereinbarung religiöser und naturwissenschaftlicher Interessen.

Die von Lambert an dieser Stelle geäußerten Gedanken erheben

zweifellos keinen Anspruch auf absolute Gültigkeit. Sie haben eher die Absicht, etwas an sich unserer Erkenntnis Unzugängliches in das Gewand plausibler Vorstellungen zu kleiden. Auch die eigenartige Berufung auf die Mathematik zielt nicht auf eine wirklich anzustellende Rechnung; es liegt Lambert nur daran, zu zeigen, welche ungefähre Vorstellung wir uns von dem Wirken göttlicher Absichten machen können:

»In der Berechnung der Summe der Wirkungen wird sich wohl kein Sterblicher einlassen. Man kann aber überhaupt einsehen, daß diese Summe ... mit ähnlichen Summen von jeden möglichen Welten verglichen werden könne«[76].

Hier wird in mathematischer Einkleidung die Leibnizsche These variiert, daß diese Welt die beste aller möglichen Welten ist.

Die Frage nach Form und Materie unserer wissenschaftlichen Erkenntnis verzweigt und verästelt sich in ein Netz von Fragen, die den ganzen Umkreis von Lamberts Denken erfüllen. Die kürzeste Formel, auf die er das Wesen naturwissenschaftlicher Erkenntnis gebracht hat, ist eine Aussage über die Dinge selbst: »In den Dingen ist nichts Negatives oder Privatives«[77].

Negation und Privation haben ihren Ursprung in den Kräften des Verstandes; erst durch Analysieren, Abstrahieren und Formalisieren verbinden wir die Dinge mit jener Sphäre geistigen Seins, in der diese Begriffe zu Hause sind, mit der Logik. Jedoch die Logik erscheint gegenüber der Wirklichkeit der Dinge nur als Relativum: »Der Satz des Widerspruchs ist deswegen wahr, weil ihn alle angenommen«[78].

VI. FORMALURSACHEN DER WISSENSCHAFTLICHEN ERKENNTNIS

Es ist eine der eigenartigsten und fruchtbarsten Ideen Lamberts, daß sich aus den Formalursachen unserer Erkenntnis auf das Wesen unserer Erkenntnis selbst müsse schließen lassen.

Wir wissen bereits, für wie entscheidend Lambert die Form beim Zustandekommen menschlicher Erkenntnis hielt und wie er, sich vom Leibniz-Wolffschen Rationalismus distanzierend, sie deutlich gegen die Materie der Erkenntnis abgrenzte. Die Form unserer Erkenntnis findet ihre erste Ursache und Bestimmung in den Wirkungen des menschlichen Verstandes. So geben sich die Formalursachen der Erkenntnis als ein Gegenstand von allergrößter Wichtigkeit zu erkennen.

In der naturwissenschaftlichen Forschung sind die Formalursachen

der Erkenntnis außerdem ein Anlaß, bei der Behandlung schwieriger Probleme den Nodus und Leitfaden, nach dem wir arbeiten, von Zeit zu Zeit kritisch ins Auge zu fassen. Vor allem sollten wir dort, wo wir bei unseren Untersuchungen ins Stocken geraten und nicht fortkommen, fragen, ob sich nicht ein besserer Weg würde finden lassen, wenn wir zuvor völlige Klarheit darüber gewinnen, wie unser Verstand zur Lösung des Problems am besten in Anwendung gebracht werde.

Lambert hat selbst derartige Überlegungen angestellt, so oft er sich auf seinen naturwissenschaftlichen Arbeitsgebieten mit einer neuen Frage auseinanderzusetzen begann. Die Einleitungen zu seinen Arbeiten gleichen dadurch kurzen Abhandlungen über die Methode, in denen sich Erfordernisse, Absichten, Schwierigkeiten, alte und neue Lösungsversuche und weitergehende auf bisher Unbekanntes führende Fragen in überaus lichtvoller Gründlichkeit zusammengestellt finden.

In ihrer Zielsetzung, die Wirkungen unserer Verstandeskräfte und ihre Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, erinnern diese Studien an die Untersuchungen der Kritik der reinen Vernunft. Und doch fällt ein deutlicher Unterschied sogleich in die Augen. Während Kant die Wirkungen unserer Verstandeskräfte überall auf ihre Eignung hin untersuchte, Wissen von strenger Allgemeingültigkeit zu konstituieren, dachte Lambert durch die gleichen Untersuchungen den Wissenschaften selbst neue Wege zu eröffnen. Die wissenschaftstheoretischen Erörterungen Lamberts sind gleichsam dem Alltag des Forschers gewidmet. Er schließt in keinem Fall seine Untersuchungen, ohne einen praktischen Fall ins Auge gefaßt oder eine Anleitung zur Lösung ähnlicher Probleme gegeben zu haben.

Was Lambert begründen möchte, ist eine allgemeine Erfindungskunst, in der alles das zum Gebrauch eines jeden um die Wissenschaft Bemühten bereitliegt, was irgendwann Erfindern und Erforschern der Wahrheit weitergeholfen hat.

Unter den Richtlinien und Regeln, die Lambert aus seiner eigenen Erfahrung hierzu mitteilt, sind insbesondere die Abhandlungen über die Wirkungen unserer Verstandeskräfte von Wichtigkeit.

Der Neigung Lamberts für die Analytik der Begriffe entsprach es, die Verstandeskräfte zunächst auf dem Gebiet der Vernunftlehre oder Logik aufzusuchen. Hier befand er sich auf der Ebene der einfachsten Verstandesoperationen, auf die er alle komplizierteren hoffte zurückführen zu können.

Die verschiedenen Arten von Verstandeskräften ziehen eine Aufgliederung der Vernunftlehre selbst nach sich:

»Die Vernunftlehre kann nach verschiedenen Absichten auf verschiedene Weise eingeteilt werden und zwar:

a) in Absicht auf unsere Verstandeskräfte. Man teilet diese überhaupt in die obern und untern ein, welche zwei besonderen Teilen der allgemeinen Vernunftlehre zum Grunde liegen, nämlich der eigentlichen Vernunftlehre und der Aesthetik. Bei jener kam die gelehrte oder deutliche, bei dieser die sinnliche oder klare Erkenntnis vor; diese gehörte für die schönen Wissenschaften, jene für die eigentliche sogenannte Gelehrsamkeit; noch kommt ein dritter Teil hinzu, nämlich die Vernunftlehre der dunkeln Erkenntnis«[79].

Diese Art der Einteilung ist für Lamberts Vorstellung von einer Theorie der Naturwissenschaften charakteristisch. Es gibt höhere und niedere Erkenntniskräfte. Zwar bedarf die naturwissenschaftliche Erkenntnis der Eindrücke, die uns durch die unteren Erkenntniskräfte vermittelt werden, unumgänglich. Sie hat sich aber dabei nicht weiter aufzuhalten, sondern alle Aufmerksamkeit der Behandlung dieser Eindrücke durch die höheren Erkenntniskräfte zuzuwenden. Die dunkle Erkenntnis, die uns überall dort umgibt, wo wir noch zu keinen deutlichen Begriffen kommen können, ist insofern von Wichtigkeit, als sie uns immer neuen Stoff und Anlaß gibt, weiterzuforschen und die Dunkelheit durch das Licht genauer Begriffe zu erhellen.

Ferner kann die Vernunftlehre eingeteilt werden

»b) in Absicht auf unsere Erkenntnis, insofern sie nämlich gewiß oder nur wahrscheinlich ist. Das ist die Vernunftlehre des Gewissen und die Vernunftlehre des Wahrscheinlichen«[79].

Hier erwähnt Lambert als einer der ersten den Gedanken, in die Logik Wahrscheinlichkeiten einzuführen, ein Gedanke, dem er das 5. und 6. Hauptstück in des Organons 4. Teil, der Phänomenologie gewidmet hat. Lambert eröffnete hierin einen Weg, den die modernen mehrwertigen Logiken beschritten haben.

»c) In Absicht auf die Stufen unserer Erkenntnis. Dieser gibt es drei; nämlich die bloß historische Erkenntnis, die Erkenntnis der Gründe und die Erkenntnis der Folgen. Wir erkennen etwas entweder schlechthin, oder wir können es auch beweisen, oder wir können noch neue Wahrheiten daraus herleiten. Das erste beruht auf den Sinnen und dem Verstande, das andere auf der Vernunft und das dritte auf der Kraft zu dichten und zu erfinden«[80].

Dieser Aspekt gibt uns Einblick in Lamberts Begriff von der Wissenschaftlichkeit einer Erkenntnis. Er ist ganz derjenige der mathematischen

Naturwissenschaften. Die Geisteswissenschaften, wie wir sie heute als ihrem Wesen nach von den Naturwissenschaften unterschieden denken, sind für Lambert ein Bereich vorwissenschaftlicher, »bloß historischer« Erkenntnis.

Wird er aufgrund innerer Folgerichtigkeit seines Denkens einmal auf das Gebiet der Geisteswissenschaften hinübergeführt, so ist das Anlaß für ihn, auch dieses Gebiet zum Gegenstand jener allgemeinen, dem naturwissenschaftlichen Denken entlehnten Systematik zu machen, die für ihn das Höchstmaß absoluter Wissenschaftlichkeit bedeutet. Wir werden noch sehen, auf welch großartige Konstituierung wissenschaftlichen Denkens Lamberts Intention hierin ging.

»d) In Absicht auf die Dinge, die man erkennen will. Diese sind entweder notwendig oder zufällig, die zufälligen sind entweder wirklich oder möglich, und zwar absolute oder insbesondere durch die Kräfte der Natur überhaupt oder durch unsere Kräfte«[80].

Für die einzelnen Modi dieser Einteilung spielen Form und Materie unserer Erkenntnis eine von Mal zu Mal wechselnde Rolle.

Am deutlichsten zeigt noch das Notwendige eine rein formale Struktur:

»Das Notwendige beruhet auf dem Wesen der Dinge, auf ihren Erklärungen und allgemeinen Grundsätzen. In der reinen Mathematik, der Ontologie usw. wird nach den Regeln der Vernunftlehre des Notwendigen verfahren«[81].

Fassen wir dagegen die Wirklichkeit der Dinge ins Auge, so müssen wir darin ganz a posteriori gehen, und die Form unserer Erkenntnis verschwindet hier am meisten:

»Die Vernunftlehre des Wirklichen hat andere Gründe und Regeln ... Ihre Gründe sind Wahrnehmungen und Versuche, die Methode ihres Vortrags ist analytisch; man geht darin a posteriori«[82].

Die Vernunftlehre des Möglichen endlich ist an sich ein sehr weiter Begriff. Lambert schränkt ihn jedoch in energischer Weise auf den uns hier interessierenden Gegenstand ein, die möglichen Wirkungen unserer Verstandeskräfte:

»Die Vernunftlehre des Möglichen hat das weiteste Feld. Insofern man darin nur allgemein das Mögliche, das ist, das sich nicht Widersprechende suchet, so gründet sie sich allein auf den Satz des Widerspruchs ...

Suchet man aber insbesondere, was in dieser Welt, was durch unsere Kräfte möglich ist, so gründet sie sich auf die Erkenntnis des Wirklichen und die Theorie unserer Kräfte. Sie lehret, wie man aus den theoretischen Teilen der Wissenschaften die praktischen herleiten könne. Die Vernunft-

lehre des Möglichen ist es, die uns Anleitung gibt, unsere Erkenntnis praktisch zu machen, also für einen der nützlichsten Teile der Vernunftlehre anzusehen«[83].

Während von der Vernunftlehre des Notwendigen und Wirklichen, also des a priori und a posteriori Erfahrbaren weiter unten die Rede sein wird, wollen wir noch näher untersuchen, was unserer Vernunft eigentlich möglich ist, d. h. was in den Kräften unseres Verstandes steht, wenn wir in die von außen gewonnenen Eindrücke Ordnung und Harmonie bringen wollen.

Die Vernunftlehre des Möglichen wird dadurch zu einem Teil der Erfindungskunst selbst. Wollen wir eine schwierige Frage, die uns aufzulösen nicht ohne weiteres möglich ist, auf eine leichtere reduzieren, so gibt uns darüber die Vernunftlehre des Möglichen Aufschluß:

»Durch die Reduktion soll das, was eine höhere Anstrengung unserer Kräfte erfordert, gehoben werden. Da man nun in der Vernunftlehre des Möglichen zeigt, was durch den gewöhnlichen Gebrauch unserer Erkenntniskräfte möglich ist, und der analytische Teil davon die Art, etwas darauf zu reduzieren, behandelt, so erhellt hieraus, daß dieses in die Vernunftlehre des Möglichen gehöre«[84].

Auf diese Art betrachtet, leuchtet es ein, daß die Vernunftlehre des Möglichen allerdings von hervorragender Bedeutung ist. Sie lehrt, die Auflösung eines Problems auf eine Folge von Operationen zu reduzieren, die auszuführen durch den gewöhnlichen Gebrauch unserer Erkenntniskräfte möglich ist.

Voraussetzung ist dabei, daß wir völlige Klarheit über die Vermögen haben, die in unserem Verstande bereit liegen. Untersuchen wir diesen Gedanken näher, so werden wir als erstes die einfachsten Wirkungen des Verstandes ins Auge fassen. Sie müssen wir vor allem kennen, wenn wir aus der Betrachtung der Formalursachen der Erkenntnis Vorteile für die Theorie der Forschung ziehen wollen:

»Es liegt nicht wenig daran, daß wir die einfachen Wirkungen des Verstandes kennen lernen. Sie sind natürlich und unverdorben, zeigen uns also was dem Verstande von Natur möglich ist. Auch setzt uns diese Erkenntnis in den Stand, die zusammengesetzteren Wirkungen zu zergliedern, die neuen Bestimmungen kennen zu lernen, die durch die Zusammensetzung der einfachen entstehen, und die Methoden zu entdecken, wie wir selbige verbessern und ihrem Endzwecke gemäß in der Vernunftlehre anwenden sollen«[85].

Wie wichtig die Formalursachen für unser Wissen sind, hat Lambert bei verschiedenen Anlässen notiert:

»Aus den Formalursachen muß sich der Grund angeben, woher unsere Sätze nicht identisch sind wie in den Gleichungen, und woher sie A, E, I, O[86] sind, desgleichen, wie sie ihre Art ändern, wenn man sie umkehrt«[87].

»Man muß aus den Formalursachen herleiten, wie es möglich ist, daß man sich in einem ganzen falschen Systeme verlieren könne«[88].

»Aus den Formalursachen muß auch hergeleitet werden, woher gewisse Gedenkensarten ganze Jahrhunderte bei ganzen Völkern gangbar sind, z. E. die Religion, die Gewohnheiten etc.«[89].

Die Formalursachen der menschlichen Erkenntnis haben drei Quellen:

»a) Die Vermögen der Seele und besonders die Empfindung, Überlegung, Abstraktion, Witz etc. Dieses sind die subjektiven Ursachen, die nächsten sind die unteren und die entfernteren die oberen Erkenntniskräfte«[90].

Die Seele ist also subjektive Ursache unserer Erkenntnis; sie ist aber ebensosehr auch objektive Ursache und, wie wir sehen, von hervorragender Bedeutung:

»b) Die Objekte selbst und zwar erstens die Seele, so ferne sie denkt, daher rühren die ontologischen Gründe und logischen Regeln. Zweitens die Einbildungskraft etc., wohin man die Geometrie rechnen kann, die fast bloß ideal ist. Drittens die Körperwelt und in dieser die Substanzen, in so ferne sich diese in Gattungen und Arten einteilen lassen. Ihre Eigenschaften und Modifikationen«[91].

In dem dritten Punkt kehrt Lamberts Frage nach dem Verhältnis von Form und Materie unserer Erkenntnis wieder. Sprache und Zeichen sind Mittler zwischen unseren Ideen von den Objekten und den Objekten selbst:

»Die figürliche Vorstellung, oder Sprache und Zeichen der Begriffe, die als Mitteldinge betrachtet werden können und die Ideen mit den Objekten näher verknüpfen«[91].

Wir haben nach der Nutzanwendung der Theorie der Formalursachen zu fragen. Hierbei sind von besonderer Erheblichkeit die Verbesserungen, die wir in den dreierlei Arten von Ursachen anbringen können:

»Die subjektiven« können durch »Übung dessen, so bereits erfunden und richtig ist«, vervollkommnet werden, »die objektiven durch Kennzeichen der Wahrheit und brauchbare Muster und Theorien«.

»Die figürlichen« endlich »durch schicklichere Zeichen, durch Festsetzung der Bedeutung derselben«[92].

Wir wenden uns nun diesem dritten Punkt zu.

VII. SPRACHE UND ERKENNTNIS

In Lamberts Theorie der Sprache und der Zeichen finden sich die Themen unserer Untersuchung in eindrucksvoller Vielfalt verbunden. In der Bezeichnung des Wahren tritt das Verhältnis von geistigem und materiellem Sein als praktisches Problem in Erscheinung. Die Beziehungen zu dem Kapitel über die logische und metaphysische Wahrheit betreffen die Formalursachen unserer Erkenntnis. Unter ihnen spielt die Sprache eine ausgezeichnete Rolle.

Ferner wird die Vergleichung der Körperwelt und der Intellektualwelt, die in so enger Beziehung zu dem Gedanken einer holistischen Stufenfolge im Reich der Natur steht, in einem beziehungsreichen Aspekt wieder aufgenommen.

Der eigentlich entscheidende Punkt für die Geschichte der Naturwissenschaft ist jedoch die Übernahme der Leibnizschen Idee einer »Characteristica universalis«. Diese Leibnizsche Konzeption eines unsere Erkenntnis restlos symbolisierenden Kalküls hatte Lambert vom Anfang seiner wissenschaftlichen Laufbahn an beschäftigt. Dieses Problem, das so unendliche Schwierigkeiten bietet, hat Lambert mit einer Reihe wahrhaft wissenschaftlicher Ideen bereichert.

Den Ausgangspunkt zu Lamberts Untersuchungen zur Characteristica universalis bildet die Semiotik. In diesem Teil des Neuen Organons »über die Bezeichnung des Wahren« nimmt er das Problem eines universalen Kalküls von einem Punkt her in Angriff, der heute zu dem Grenzgebiet zwischen Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften gehört. Die Gedanken Lamberts können einerseits als Beiträge zur Sprachphilosophie und Sprachwissenschaft gezählt werden, während sie sich andererseits in der Semiotik oder Semantik der modernen Logistik fortgesetzt finden.

Die Theorie der Sprache erscheint bei Lambert als Bestandteil der Theorie der Formalursachen der Erkenntnis. In ihr spielen Sprachen und Zeichen die Rolle von »Mitteldingen« zwischen dem Subjektiven und dem Objektiven in unserer Erkenntnis. Die Tatsache, daß Lambert neben der Erörterung der beiden letztgenannten Instanzen seine besondere Aufmerksamkeit diesen Mitteldingen unserer Erkenntnis zugewandt hat, erläutert sein Denken in einer wichtigen Einzelheit.

Es ist jenes so lebendig auf alle praktische Anwendung sinnende Denken, das Lambert die subjektive und die objektive Seite der Erkenntnis von dem zwischen ihnen liegenden vermittelnden Bereich der Sprache aus untersuchen ließ. Daß er auf diese Weise vorging, erklärt sich aus

seinem ausgeprägten Sinn für denjenigen kritischen Punkt, an dem eine wissenschaftliche Erörterung beginnt, sich ins Hypothetische zu verlieren. So schreibt er an Kant:

»Mir kommt vor, es sei immer ein unerkannter Hauptfehler der Philosophen gewesen, daß sie die Sache erzwingen wollten, und anstatt etwas unerörtert zu lassen, sich selbst mit Hypothesen abspeisten, in der Tat aber dadurch die Entdeckung des Wahren verspätigten«[93].

Ein Beispiel, wo Lambert sich selbst nach dieser Regel richtete, findet sich in der Phänomenologie anläßlich der Frage, ob etwa die Untersuchung unserer Gehirnfunktionen zu einer wissenschaftlichen Sprache Anlaß geben könne:

»... ist es doch nur ein ungefährer Schattenriß der wahren Sprache ... Wir werden uns daher von der Betrachtung des Gehirns, der sogenannten inneren Sinne und ihres Mechanismus zu den Gedanken selbst wenden und das Gedankenreich nach Anleitung der Erfahrung, folglich statt der Ursachen die Wirkungen betrachten«[94].

Zu einer der ersten Wirkungen im Bereich des Erfahrbaren gehört die Sprache und die Gesetzmäßigkeiten, die der Sprache ihre Eigenart geben.

Schon in der Einleitung zur Semiotik lenkt Lambert unseren Blick energisch auf das, was in den Sprachen notwendig, was natürlich und was in ihnen willkürlich ist:

»Wenn man die wirklichen Sprachen näher betrachtet, so findet sich ungemein viel Metaphysisches und Allgemeines darin, und dieses wird um desto bewunderungswürdiger, da man, wenn man auf den Ursprung der Sprachen und ihre Urheber zurückgeht, wenig oder nichts dergleichen vermuten sollte, weil man dabei keine Verabredung voraussetzen kann. Man sollte daher gedenken, daß die ersten Ursachen der Sprache an sich schon in der Menschennatur sind, und es lohnt sich die Mühe, es aufzusuchen. Denn dadurch wird sich auch entscheiden lassen, was in den Sprachen notwendig, natürlich und willkürlich ist. Ein Unterschied, welcher einem Weltweisen im geringsten nicht gleichgültig sein kann«[95].

Das Notwendige in der Sprache, also das, was ihre Erfindung unumgänglich machte, wenn es sie nicht gäbe, hat einen doppelten Grund.

Es ist nicht nur die Notwendigkeit der gegenseitigen Mitteilung, die uns die Sprache unentbehrlich macht; die Sprache ist in noch entscheidenderem Maße an dem Zustandekommen jeglicher Erkenntnis überhaupt beteiligt.

Im Denken entsteht nähmlich bei der fortschreitenden Kombination der Begriffe die Notwendigkeit, daß wir uns jede Vorstellung auf Wunsch

ins Bewußtsein rufen können, um sie – jede an ihrer Stelle – sinngemäß verwenden zu können. Durch die Eigenart unserer psychischen Konstitution sind wir jedoch in dieser Hinsicht sehr schlecht gestellt. Die sinnlichen Eindrücke, die beständig auf uns einwirken und unser Bewußtsein lediglich im Schlaf nicht erreichen, machen eine anschaulich klare Wiederholung beliebiger Vorstellungen ad hoc unmöglich[90].

Dieser Schwierigkeit werden wir erst dadurch Herr, daß wir für die einzelnen Vorstellungen Zeichen substituieren, die geeignet sind, diese Vorstellungen vollständig zu symbolisieren. Als die für diese Rolle geeigneten und uns von Natur aus zur Verfügung stehenden Zeichen bieten sich »die Empfindungen, die am meisten in unserer Gewalt sind«, an, »die Bewegungen des Leibes, die Figuren oder Zeichnungen und die artikulierten Töne«[97].

Die artikulierten Töne verdienen weitaus den Vorzug, »denn nicht nur ist das Reden leicht, hurtig und vernehmlich, sondern es ist auch nicht an die Abwechslung von Tages- und Jahreszeiten gebunden«[97].

Hierauf beruht die ausgezeichnete Rolle der Sprache für den Zweck der symbolischen Erkenntnis: »Die symbolische Erkenntnis ist ein uns unentbehrliches Hilfsmittel zum Denken«[98].

»Die Zeichen tun uns den Dienst, daß dadurch alle unser Denken in eine ununterbrochene Reihe von Empfindungen und klaren Vorstellungen verwandelt wird«[99].

Ihre volle Leistungsfähigkeit entwickeln die Zeichen in der abstrakten Erkenntnis: »Da wir ... nicht immer die Dinge empfinden, an welche wir denken, und viele Abstracta nicht empfinden können, so füllet die Empfindung der Zeichen die meisten Lücken in unserem Denken aus, und besonders ist unsere allgemeine oder abstrakte Erkenntnis durchaus symbolisch, weil alles, was wir unmittelbar empfinden können, individual ist«[100].

Mit unserer Unfähigkeit, alle Abstrakta zu empfinden, kündigt sich eine Wendung der Dinge an, der Lambert die allergrößte Aufmerksamkeit geschenkt hat.

Wir bezeichnen zwar die Dinge der Sinnenwelt mit Worten, die wir von den Empfindungen hernehmen, die sie in uns wachrufen. In der Bezeichnung der Abstrakta sind wir jedoch viel schlechter gestellt, weil wir die meisten eben nicht unmittelbar mit unseren Sinnen empfinden können.

Wir helfen uns in dieser Schwierigkeit dadurch, »daß wir das Sichtbare mit dem Unsichtbaren, die Körperwelt mit der Intellektualwelt, die

Empfindungen mit den Gedanken vergleichen, und vor beiden einerlei Wörter und Ausdrücke gebrauchen. Die Wörter erhalten dadurch notwendig eine doppelte und zuweilen auch vielfache Bedeutung. Ein Licht im Zimmer haben, und Licht in den Gedanken haben, sind solche Redensarten«[101].

»Der eigentliche Grund dieser Vergleichung liegt in der Ähnlichkeit des Eindrucks, den die Empfindungen äußerlicher Dinge und die Vorstellung abstrakter und unsichtbarer Dinge in uns machen«[102].

Der tiefere Grund für diese eigentümliche Gepflogenheit liegt in folgendem:

»Wenn wir mit dem Leib etwas tun, so tun wir zugleich auch etwas mit den Gedanken, insofern wir uns nähmlich dessen bewußt sind, und dieses letztere gibt uns sodann die Ähnlichkeit an, nach welcher wir das, was in den Gedanken allein vorgeht, benennen«[103].

Z. B. »Wer Schriften, Geldsorten etc. auseinanderliest, und jede besonders zusammennimmt, teilt gleichsam dadurch den Begriff des verwirrten Haufens in einzelne kenntliche und transferiert unvermerkt den Begriff des Auseinanderlesens von den Sachen auf die Begriffe«[104].

Es ist dies nicht so zu verstehen, als ob hier die Grenze zwischen anschaulichem und begrifflichem Denken das Wesentliche wäre. Wesentlich ist vielmehr, daß auch die extremste Abstraktion nicht auf anschauliche Zeichen verzichten kann, und seien es auch nur die Rechensymbole eines Kalküls. So wird z. B. in der Arithmetik durch wiederholtes Setzen des Symbols der Einheit die Reihe der natürlichen Zahlen gewonnen.

So verdankt auch der abstrakteste Kalkül seine Entstehung dem Umstand, daß »die Benennung der Dinge der Intellektualwelt von den Dingen der Körperwelt hergenommen sind, sofern sie nach unserer Vorstellungsart eine Ähnlichkeit damit haben«[105].

Trotzdem entsteht mit der Gepflogenheit, das gleiche Wort oder Zeichen sowohl in der ursprünglichen wie in der übertragenen Bedeutung zu gebrauchen, eine neue Schwierigkeit. Die Schwierigkeit, daß nun das gleiche Wort oder Zeichen mehrere Bedeutungen hat.

Diese Schwierigkeit konnte nur durch einen kühnen Schritt überwunden werden. Es war gewiß aussichtslos, die bestehenden Sprachen und Kalküle von den genannten Mehrdeutigkeiten zu reinigen. Lambert tat in dieser Situation das, was immer den Größten zu tun vorbehalten bleibt: Er machte das Problem zum Postulat.

Wenn wir, so schloß er, aufgrund der Eigenart unserer psychischen Konstitution gezwungen sind, die Dinge der Intellektualwelt mit Wörtern

und Zeichen aus der Körperwelt zu belegen, so ist, um Verwechslungen zu vermeiden, zu fordern, daß die Vergleichung von Körper- und Intellektualwelt wissenschaftlich gemacht werde.

Im Aufbau der Architektonik hat Lambert von vorneherein diesem Bedürfnis Rechnung getragen:

Es »ist gar nicht zu zweifeln, daß die Theorie in beiden nach einerlei Ordnung in das Reine gebracht werden könne«[106]. So werden die Begriffe der Kraft, der Form, des Raumes, der Zeit usw. gleichzeitig in ihrer ursprünglichen und ihrer übertragenen Bedeutung abgehandelt.

Es ist in neuerer Zeit von Henri Bergson auf die Notwendigkeit einer wissenschaftlichen Vergleichung der Körper- mit der Intellektualwelt hingewiesen worden[107]. Unsere Auffassung der Körperwelt ist so charakteristisch für die menschliche Erkenntnis, daß ihre Beziehungen zur Intellektualwelt des Menschen zu den aufschlußreichsten gehören, die wir in der Philosophie der Natur kennen. Insbesondere kann in der Frage des Raumes und der Zeit als menschlicher Anschauungsformen von hier ein entscheidender Anstoß ausgehen.

Die Kühnheit, mit der Lambert diese Frage aufwarf, wird, so lange sie noch nicht beantwortet ist, zu immer neuen Mißverständnissen über seine wahren Ziele führen. So ist hier der falschen Deutung zu begegnen, Lambert habe sich mit der Vergleichung der Körper- und Intellektualwelt auf eine Schematisierung der Natur hin bewegt, die das geistige Sein in oberflächlicher Analogie zum materiellen Sein zu verstehen sucht.

Die völlige Eindeutigkeit seiner Auffassung zu diesem Punkt geht aus folgender Stelle hervor, wo ausdrücklich von dem Unterschiede einer rein räumlichen Bestimmung des Ortes und einer nur »figürlichen« die Rede ist.

»Die Bestimmung des Ortes kommt eigentlich nur den Dingen der Körperwelt zu, und wird figürlich, wenn sie auf die Intellektualwelt angewandt werden solle. Hingegen sind auch Dinge der Intellektualwelt einer Zeitfolge oder Sukzession fähig, und wir haben diesen Begriff am unmittelbarsten in dem Aufeinanderfolgen unserer Gedanken. In dieser Absicht erstreckt sich demnach die Bestimmung der Zeit weiter als die Bestimmung des Ortes, ungeacht, wenn man letztere figürlich nimmt, sie sich allerdings ebenso weit erstrecken kann[108].

Es versteht sich von selbst, daß in einer wissenschaftlichen Sprache einem jeden Wort sogleich angesehen werden müsse, ob es in seiner ursprünglichen oder in übertragener Bedeutung benutzt werde. Eine Möglichkeit der Unterscheidung sieht Lambert im grammatischen

Genus[109], eine andere darin, daß man, sobald man von der ursprünglichen Bedeutung eines Wortes zur übertragenen fortgeht, dies in dem Wort durch ein »Ableitungsteilchen« kenntlich mache[110].

Als bisher entwickelte Charakteristika einer Sprache halten wir drei Erfordernisse fest:

> Die Möglichkeit der Mitteilung,
> die Möglichkeit der symbolischen Erkenntnis und
> die Möglichkeit, die Dinge der Intellektualwelt nach ihrer Ähnlichkeit mit Gegenständen der Körperwelt zu benennen.

Dies sind die Gesichtspunkte, unter denen Lambert die bestehenden Sprachen auf ihre Wissenschaftlichkeit hin überprüft und zugleich die Grundrisse der Characteristica universalis aufzeichnet.

Zum Notwendigen einer Sprache ist noch zu sagen, daß es nicht so weit geht, daß zwischen unseren Empfindungen und ihrem lautlichen Ausdruck eine Zuordnung von naturgegebener Notwendigkeit bestünde. Der Leibnizische Gedanke einer solchen natürlichen Sprache, die zweifellos einen hohen Grad von Wissenschaftlichkeit verbürgen würde, hat schon wegen individueller Verschiedenheiten der menschlichen Psyche wenig Aussicht auf Verwirklichung[111].

Es sind die Wörter vielmehr »willkürliche Zeichen der Sachen und Begriffe«[112].

Diese Willkürlichkeit in der Zuordnung von Wörtern zu Sachen und Begriffen ist Lamberts Ansatzpunkt. Das eigentliche Ziel, das alle Einzeluntersuchungen der Semiotik einem großen Gedanken einfügt, ist es, diese Zuordnung wissenschaftlich zu machen. Die Zuordnung selbst ist insofern eine doppelte, als der Begriff die Sache richtig erfassen und das Wort den Begriff richtig wiedergeben soll: »Ideen müssen auf Sachen, Worte auf beide passen«[113].

Überall geht es Lambert darum, die Sprache »charakteristischer« zu machen, d. h. ihr auf engerem Raum ein höheres Maß wissenschaftlicher Exaktheit und Bedeutsamkeit zu geben. Eine Sprache ist so lange nicht »charakteristisch«, als nicht jedes Wort, jeder einzelne Buchstabe, jedes Detail in der Laut- und Wortverbindung, jede Einzelheit des Satzbaus ein Höchstmaß an Bedeutung in sich trägt.

Die Characteristica universalis selbst wird eine höchst vollendete Kunstsprache sein, die als ein kostbares Instrument in der Hand des

Meisters zu einer ungeahnten Fertigkeit in der Erforschung der Wahrheit helfen soll. Je kunstvoller aber eine Sprache ist, umso mehr läuft sie Gefahr, falsch verstanden und falsch angewandt zu werden. Grund genug also, die Characteristica universalis von Anfang an als wissenschaftliche Fachsprache zu konzipieren.

In ihr haben die Wörter genauso bedeutend zu sein wie die Sachen, deren Stelle sie in unserem Denken vertreten. Jede Möglichkeit in der Ordnung und Verbindung der Dinge soll sich in der Ordnung und Verbindung der Wörter widerspiegeln. Die Characteristica universalis ist eine Begriffsschrift, die die Umrisse dieser Welt in einer die Natur der Dinge charakterisierenden Grammatik wiedergibt.

Im einzelnen heißt das, daß »in jeden Redensarten das grammatisch richtige oder unrichtige, auch zugleich metaphysisch richtig oder unrichtig wäre«[104]; ferner »daß wir jede nach den Regeln der Sprache mögliche Verbindung der Wörter sogleich als eine an sich auch mögliche Verbindung der Dinge, die sie vorstellen, ansehen könnten«[115].

Es sind vor allem zwei Dinge, auf die zu achten ist, wenn unsere Sprache charakteristischer werden soll. Einmal ist möglichst viel Charakteristisches schon in die Zuordnung der Wörter zu den Dingen zu legen. Zum andern ist alles das, was in den uns bekannten Grammatiken bisher nur andeutungsweise den Zusammenhang der einzelnen Begriffe und ihre Verbindungsmöglichkeit kennzeichnete, allgemeiner zu machen und überall auf das Charakteristische zusammenzuziehen.

Diese beiden Erfordernisse geben Anlaß zu zwei neuen Wissenschaften:

»Die Lehre einer allgemeinen Sprache, welche sowohl im Reden wie im Schreiben für sich verständlich wäre ... Nämlich so, wie das Alphabet der Schlüssel zum Lesen unserer dermaligen Sprachen ist, so würde diese gesuchte allgemeine Sprache höchstens nur eines Schlüssels bedürfen, um nicht nur lesbar, sondern auslegbar und verständlich zu werden«[116].

Die andere Wissenschaft ist die allgemeine Sprachlehre, Grammatica universalis, welche man ebenfalls erst noch sucht ... Die allgemeine Sprachlehre müßte vornehmlich das Natürliche und Notwendige in der Sprache zum Gegenstand nehmen, und das Willkürliche, so viel immer möglich ist, teils wegschaffen, teils mit dem Natürlichen und Notwendigen in engere Verbindung setzen ...

Die Verdienste der Wolffischen Weltweisheit um die deutsche Sprache sind in dieser Absicht bekannt, weil ungemein viele, teils alte, teils neue Wörter dadurch eine bestimmte Bedeutung bekommen haben«[117].

So weit Lambert über das Gegebene hinauseilt, um möglichst groß-

zügige Gesichtspunkte für die Characteristica universalis zu gewinnen, so gerecht ist andererseits seine Beurteilung alles dessen, was bisher schon auf diesem Wege geleistet worden ist. Das bereits zur Verbesserung der Sprache Geschehene wie das, was zu tun in absehbarer Zeit möglich ist, wird von Lambert ebenso anerkannt wie die weit über die Möglichkeiten des Augenblicks hinausgehenden Pläne.

Gerade die Wertschätzung des Vorhandenen und unmittelbar praktisch zu Verwirklichenden hält in der Semiotik der Erörterung ferner und ins Unabsehbare gehender Möglichkeiten überall die Waage und gibt dieser kühnen Theorie der Sprache ein beachtliches Gewicht an jederzeit aktueller Realität.

Auf diese Tatsache fällt in besonders eindrucksvoller Weise Licht, wenn wir uns vor Augen führen, wie Lambert die Möglichkeiten der deutschen Sprache beurteilte, so wie er sie vorfand.

»Die deutsche Sprache . . . scheint die Vollkommenheit der griechischen Sprache erreichen zu können«[118].

»Da diese Sprache sehr viel Regelmäßiges hat und dermalen im Schwung ist, zur gelehrten Sprache zu werden, so lohnt es sich allerdings der Mühe, alles anzuzeigen, was sie noch regelmäßiger und charakteristischer machen kann«[119].

So sollte z. B. alles rein Zufällige, das durch allzu gleichgültigen Gebrauch zu reden inhaltlos Gewordene, beseitigt und durch Wendungen ersetzt werden, die durch die gestaltende Kraft der Gelehrten und Dichter von Mal zu Mal und Schritt für Schritt zu verlebendigen sind:

»Da es vieldeutige Wörter gibt, so ist es auch an sich möglich, die eigentliche und so zu reden buchstäbliche Bedeutung eines Wortes wieder aufzuleben. Es kommt darauf an, daß das Wort in solchen Redensarten wiederum gebraucht werde, in welchen es seine wahre Stellung und Nachdruck hat, und wo man klar sieht, daß kein anderes so gut dient. Die Zeit einer Sprache diesen Schwung zu geben, und sie auf ihre einfachsten Regeln zu bringen, ist vornehmlich diejenige, wo sie anfängt, zur gelehrten Sprache zu werden und die Classischen Schriftsteller sowohl in Lehrbüchern als in Gedichten sind in jeden Sprachen im Besitz des Rechts und des Ansehens, welches hierzu erfordert wird«[120].

»Es ist nicht zu zweifeln, daß die deutsche Sprache auch in Ansehung der Wortordnung noch ungleich biegsamer könne gemacht werden. Es kömmt auf Dichter an, die reich genug an Einfällen sind, durch neue Wendungen der Gedanken das Nachdrückliche und Erhabene darin recht auszubilden«[121].

Wie richtig Lambert die damalige Situation beurteilte, wurde wenig später durch den Aufschwung bestätigt, den die deutsche Sprache in ihrer klassischen Periode nahm. Allein das Beispiel Goethes in der Naturwissenschaft zeigt, wie sehr ein Dichter an der Entstehung der wissenschaftlichen Sprache mitwirken kann.

Es ist unmöglich, alle in der Semiotik ausgebreiteten Anregungen im einzelnen durchzugehen. Neben den Fragen der Wortkunde und Syntax finden sich eine Reihe von Anmerkungen zur Orthographie, Phonetik, Prosodie, zur Übersetzungskunst und zu rein ästhetischen Gesichtspunkten der Sprache.

Wie wenig eng Lamberts Denken war, geht z. B. aus einer Bemerkung hervor, nach der die Sprache in ihrem poetischen Gebrauch dazu diene, die Natur nachzuahmen:

»Die Nachahmung hat unzählige Stufen und erstrecket sich zuweilen auf Dinge von ganz verschiedener Art. Der Maler, der Tonkünstler und der Dichter suchen das Licht durch den Schatten zu erhöhen, und darin der Natur nachzuahmen, der Maler fast von Wort zu Wort, der Tonkünstler durch seine Kontrapunkte und gewählte Dissonanzen, der Dichter durch das Horazische: ex fumo dare lucem, oder wenn er, wie zuweilen Homer, zu schlafen scheint, um mit mehrerem Leben aufzuwachen«[122].

Diese wenigen Proben mögen genügen um Umfang und Hintergründe von Lamberts Theorie der Sprache zu beschreiben. Die Diskussion um das eigentliche Problem, die Characteristica universalis, wird in der Theorie der Zeichen auf einer anderen Ebene fortgesetzt. Dennoch sind Lamberts Theorie der Sprache und Theorie der Zeichen so sehr zwei Variationen eines einzigen Gedankens, daß sie innerhalb Lamberts Theorie der Naturwissenschaft eine unauflösliche Einheit bilden. Wir überlassen es daher der Zusammenfassung beider Themen im nächsten Kapitel, den Gesamtplan der Characteristica universalis in ihrem Verhältnis zur Theorie der naturwissenschaftlichen Forschung darzustellen.

VIII. ZEICHEN UND METHODE

In diesem Kapitel wird die Theorie der Sprache in den allgemeinen Rahmen der Characteristica universalis und des Leibnizischen »art d'inventer« eingeordnet.

Damit ist ein Schritt weiter auf dem Weg getan, der uns in dem Gesamtplan dieser Untersuchung von der Ebene der scholastischen Ontologie, von der noch viele Untersuchungen Lamberts ihren Ausgang nehmen, entfernt und zu seinen noch in unserer Gegenwart lebendigen Gedanken hinaufführt.

Lamberts eigene Entwicklung, die sich zum Teil in diesem Fortgang vom Alten zum Neuen widerspiegelt, läßt sich nicht in Schlagworte fassen.

»Von der Logik zur Ontologie«, »vom Rationalismus zum Empirismus«, »von der Form zum Inhalt der Erkenntnis«, das gibt zwar erste Anhaltspunkte, enthält aber zugleich auch etwas Falsches. Wenn sich Lambert durch eine in der Natur der Sache liegende Tendenz in seinen Untersuchungen über das Sein der Dinge vom Boden der alten Ontologie mehr und mehr ablöste, so blieb er doch seiner religiösen Überzeugung vom göttlichen Ursprung dieser Welt treu. Lenkten ihn seine Forschungen auf eine immer allgemeinere Anwendung des kausalen Prinzips hin, so konnte er sich dennoch nicht entschließen, das teleologische Prinzip fallen zu lassen.

Und wenn sich Lambert vom Rationalismus der Wolffschen Schule entfernte und es als erster für nötig befand, die Ontologie der Naturwissenschaft im Rückgriff auf die Erfahrung zu verankern, so übersah und förderte er gleichzeitig die logisch-matematischen Methoden in einem Ausmaß, über das wir heute noch nicht wesentlich hinausgekommen sind.

Bei dem ungeheuer weitläufigen Fortgang seiner Entdeckungen, bei dem unermüdlichen Vorwärtsschreiten von einer Themenstellung zur anderen hielt er nichtsdestoweniger an dem einmal für richtig Erkannten mit aller Entschiedenheit fest. Insbesondere ist er überall der Methode treu geblieben, die in seiner Geistesart zuinnerst angelegt war, der logisch-mathematischen Methode. In ihm lebte ganz und gar der Geist des »mathematischen Jahrhunderts«.

Er war schlechthin überzeugt von der Möglichkeit einer kalkülmäßigen Behandlung aller Probleme der Wissenschaft.

Dieser Kalkül, dessen Ursprung für Lambert in der Ontologie der Naturwissenschaft zu suchen war, hat ihn während seines ganzen Lebens nicht losgelassen. Keine Untersuchung war ihm zu weitläufig, kein Umweg zu groß, wenn er hoffen konnte, dadurch dem Ziel der Characteristica universalis näher zu kommen. Wir können heute sagen, daß seine Mühe nicht umsonst war. Der genialen Einseitigkeit seiner Methode

verdanken wir eine Reihe unschätzbarer Erkenntnisse, deren allgemeine Anerkennung bisher durch eine Reihe von Mißverständnissen immer wieder hinausgezögert worden ist.

Viele dieser Mißverständnisse scheinen darauf zurückzugehen, daß es gewisse Schwierigkeiten macht, sich zugleich mit Lamberts Einseitigkeit seine Universalität vor Augen zu halten. Es ist jedoch nur einer oberflächlichen Betrachtungsart möglich, Einseitigkeit und Universalität für unvereinbare Gegensätze zu halten. Die Geschichte der Naturwissenschaft ist voll von Beispielen dafür, daß die Einseitigkeit eines Forschers zu neuer Vielseitigkeit führte.

Genauso verhält es sich bei Lambert: So sehr Einseitigkeit und Universalität einander einschränken, so sehr ergänzen sie sich, und erst beide zusammen bestimmen jene Eigentümlichkeit dieses Genies, das bisher eine direkte Nachfolge noch nicht gefunden hat.

Lamberts Theorie der Zeichen findet sich in der Semiotik gleichzeitig mit der Theorie der Sprache abgehandelt. Hier gilt für die Zeichen zunächst alles das, was wir auch über die Sprache als notwendige Voraussetzung unserer Erkenntnis sagten. Die symbolische Erkenntnis bedient sich geschriebener Zeichen mit demselben Erfolge wie der gesprochenen Worte.

Die Sinnbilder, Emblemata, die Wappen, die Zeichen für die chemischen Elemente, die auf Landkarten benutzten Symbole sind Beispiele dafür, wie wir von den Zeichen im täglichen Leben einen sehr vielseitigen Gebrauch machen.

Im erweiterten Sinne sind auch Zeremonien und Formalitäten als Zeichen für bestimmte Sachen anzusehen:

»Unter die willkürlichen Zeichen gehören die meisten Zeremonien, das Läuten der Glocken, die verabredeten Zeichen im Kriege, bei Solemnitäten etc., das Anklopfen, das Winken, Drohen etc. Diese alle sind mehr oder weniger willkürlich, je nachdem sie weniger oder mehr Ähnlichkeit mit der bedeuteten Sache haben. Besonders aber sind die Zeremonien einer Theorie fähig, wenn man das Unnütze und Altfränkische daraus wegschaffen und sie überhaupt so bestimmen soll, daß sie die Hauptsache, die sie vorstellen, nicht verdrängen, sondern eher dazu behülflich sind, daß diese ihre echte Form erhalte«[123].

»Da die Kräfte des Willens«, auf denen die Sozietäten beruhen, und mit denselben das meiste von dem Wesentlichen ihrer Zusammensetzung nicht in die Augen fällt, so hat man um denselben eine äußerliche Gestalt zu geben, vornehmlich die Formalitäten eingeführet und auch für die

Rangordnung äußerliche Unterscheidungen ausgedacht, um einer Sache, deren Wesen in der Intellektualwelt gleichsam verborgen ist, einen Körper zu geben«[124].

Es ist kaum möglich, die ontologische Bedeutung der Zeichen und zugleich ihren ausgebreiteten Gebrauch im täglichen Leben deutlicher hervorzuheben.

Die Grundregel für eine wissenschaftliche Theorie der Zeichen ist die, »daß die Theorie der Sache mit der Theorie der Zeichen solle können verwechselt werden«[125].

Denn »die Theorie der Sache auf die Theorie der Zeichen reduzieren, will sagen, das dunkle Bewußtsein der Begriffe mit der anschauenden Erkenntnis, mit der Empfindung und klaren Vorstellung der Zeichen verwechseln. Kann man sie so wählen und zu solcher Vollständigkeit bringen, daß die Theorie, Kombination, Verwandlung etc. statt dessen dienen kann, was sonst mit den Begriffen selbst vorgenommen werden müßte, so ist dies alles was wir von den Zeichen verlangen können, weil es so viel ist, als wenn uns die Sache selbst vor Augen läge«[126].

Wenn zu den Erfordernissen einer Theorie der Sprache neben der »Lehre einer allgemeinen Sprache« eine »allgemeine Sprachlehre« gehörte[127], so kehrt diese Teilung der Problemstellung in der Theorie der Zeichen wieder:

»Wolff hatte allerdings Ursache, zu der Leibnizischen allgemeinen Zeichenkunst noch eine Verbindungskunst der Zeichen zu fordern ... Die Zeichenkunst jeder einzelnen Begriffe wird nur dem Zahlengebäude, die Verbindungskunst aber der Algeber gleich«[128].

Wir werden sehen, wie diese Zweiteilung der Problemstellung in abgewandelter Form in der Forderung wiederkehrt, ebenso wie die Form unserer Erkenntnis müsse auch ihre Materie durch Zeichen wiedergegeben werden können.

Eine bemerkenswerte Erweiterung erfährt die Theorie der Zeichen in dem 21. Hauptstück der Architektonik über »Zeichen und Bedeutungen«. Hier wird das alte naturwissenschaftliche Thema der »natürlichen« Zeichen wieder aufgenommen, wie es etwa in Bauernregeln und Weissagungskünsten seinen Ursprung hat:

»Das erste, was wir in Ansehung der natürlichen Zeichen anzumerken haben, ist daß sie mehrenteils nicht nur Zeichen von einer Sache, sondern zugleich auch Zeichen von unserer Unwissenheit und zuweilen letzteres

ohne das erstere sind ... Je dümmer und unwissender die Zeiten sind, desto mehr wird von Zeichen und Bedeutungen und besonders von irrigen gesprochen«[129].

Wie aber mit dem Schein in unserer sinnlichen Erkenntnis eine unter ihm verborgene Wahrheit überall verbunden ist, so ist überhaupt der Schein einer besonderen Theorie fähig, einer Art »transzendentalen Perspektive«. Lambert hat sie im vierten Hauptteil des Neuen Organons, in der Phänomenologie ausgearbeitet.

Kehren wir jedoch zur Theorie der Zeichen, dem Grundthema der Characteristica universalis zurück.

Wir haben jetzt die Versuche zu erwähnen, die Lambert unternahm, um die Logik in Anlehnung an Geometrie und Algebra methodisch fortzuentwickeln.

In den »Sechs Versuchen einer Zeichenkunst in der Vernunftlehre«[130], werden die logischen Operationen des Zusammensetzens, Ablösens, des Verbindens und des Auflösens von Begriffen in Analogie zu den mathematischen Operationen des Addierens, Subtrahierens, Multiplizierens und Dividierens definiert: So heißt es in der Einleitung des VI. Versuches: »Wir haben im vorhergehenden V. Versuche gezeigt, wie alles, was sich in der Logistik berechnen lassen kann, entweder Substanzen oder Akzidenzen sind. Die Substanzen können zusammengenommen oder abgelöst, die Akzidenzen aber verbunden und aufgelöst werden«[131].

Die »Sechs Versuche einer Zeichenkunst in der Vernunftlehre« sind es, die Lamberts Ruf als Vorläufer der modernen Logistik begründeten. Sie sind in neuerer Zeit von berufener Seite gewürdigt worden[132].

Einen Beitrag zur Zeichenkunst in der Logik enthält auch die Dianoiologie: Der Umfang von Begriffen wird durch die Länge von Strecken symbolisiert, und eine Vorschrift wird angegeben, nach der sich die syllogistische Verknüpfung von Begriffen zeichnen läßt.

Darüber hinausgehend enthält die Dianoiologie teils Einteilungen, die schon Leibniz vor Lambert erfunden hatte, teils verliert sie sich in wirklichen Subtilitäten, wie sie Kant in seiner Schrift über »Die falsche Spitzfindigkeit der vier syllogistischen Figuren« kritisierte.

Kants Urteil über Lamberts in der Dianoiologie abgehandelte Logik, sie enthalte »nur subtilere Einteilungen, die ... von keinem wesentlichen Gebrauche sind«[133], ist jedoch zu allgemein gehalten, um Lamberts Gedanken zur Logik wirklich zu würdigen.

Neben der schon erwähnten Vorschrift zur Zeichnung der Begriffe enthält die Dianoiologie vor allem in den letzten beiden Hauptstücken

»Über die Erfahrung« und »Über die wissenschaftliche Erkenntnis« Erörterungen von hervorragender wissenschaftstheoretischer Bedeutung. Die Hauptstücke »Von den Urteilen und Fragen« und »Von den Aufgaben« erinnern in der Fragestellung an die »Logik der Probleme«, einen Zweig der modernen Logik.

Der im V. Hauptstück der Phänomenologie unternommene Versuch, den Begriff der mathematischen Wahrscheinlichkeit für die Logik fruchtbar zu machen, findet sich in der modernen »Wahrscheinlichkeitslogik« wieder.

Diese Hinweise zeigen, wie Lambert überall den Grund zu Entwicklungen gelegt hat, die den Rahmen der klassischen Logik früher oder später sprengen mußten. Lamberts Gedanken zeigten sich jedoch ihrer Zeit so weit voraus, daß selbst ein Kant sie nicht zu würdigen wußte.

Wir wollen abschließend die Stellung erörtern, die Lamberts Forschungen zur Characteristica universalis im Gesamtplan seiner Theorie der Naturwissenschaft einnehmen.

In dieser Beziehung aufschlußreich ist die Vorrede zur Architektonik. In ihr kehrt das Problem von Form und Materie unserer Erkenntnis in Verbindung mit der Theorie der Zeichen wieder. In der Characteristica universalis sind diese Zeichen ebenso für die Form wie für den Inhalt unserer Erkenntnis zu verlangen.

Die »wissenschaftlichen Zeichen für die gesamte Erkenntnis teilen sich ... in zwo allgemeine Klassen. Die einen gehören zur Form, die andern zur Materie der Erkenntnis. Insofern sind diese beiden Klassen voneinander auf mehrere Arten verschieden. Für die Form lassen sich, soviel ich die Sache einsehe, leichter Zeichen finden als für die Materie. Es scheint auch, die Materie müsse durch Zeichen vorgestellt werden, die gewissermaßen die Sachen vorbilden oder Bilder der Dinge sind, weil sie widrigen Falls ganz willkürlich sein würden, und dann keine andere Anspielung auf die Sachen hätten, als die, so sie durch ihre Verbindung und durch die die Form vorstellenden Zeichen erhalten würden.

Die Form bestimmt ohnehin keine Materie, dafern sie nicht einer besonderen Materie eigen ist. Sie kann also meistens in abstracto betrachtet werden, und umso mehr ist sie allgemeiner Zeichen und einer allgemeinen Theorie dieser Zeichen fähig«[134].

Wir werden hier in aller Klarheit auf die Notwendigkeit zweier, von Grund auf verschiedener Kalküle hingewiesen. Neben der formalen Struktur unserer Erkenntnis, die Anlaß zu einem Quantitäten-Kalkül

gibt, ist die Materie unserer Erkenntnis ebenso vollständig in einem Qualitäten-Kalkül wiederzugeben. Die Unterscheidung von Quantitäten- und Qualitäten-Kalkül geht auf Leibniz zurück:

»Leibniz scheint eigentlich Zeichen verlanget zu haben, die in Absicht auf das Quale eben den Dienst tun, den die Algeber mit ihren Zeichen auf das Quantum tut ... Und diese Zeichen sollen so beschaffen sein, daß sie statt der Dinge selbst dienen, so daß, was man mit den Zeichen vornimmt und vermittelst derselben findet, eben so gut gefunden sei, als wenn man die Dinge selbst vorgenommen hätte«[135].

Zwar hat Lambert zugegeben, daß sich für die Form leichter Zeichen finden lassen als für die Materie, er hielt aber eine Theorie der Zeichen so lange zur Hälfte für unvollständig, solange nicht auch der Inhalt unserer Erkenntnis durch sie voll und ganz wiedergegeben würde. Die Forderung eines Qualitäten-Kalküls ist nichts anderes als eine notwendige Folge aus dem Verhältnis von logischer und metaphysischer Wahrheit, so wie es Lambert bestimmte.

Die metaphysische Wahrheit, die in den Dingen selbst liegt, muß überall zu der bloß logischen Wahrheit hinzukommen, wenn irgend die Wirklichkeit von einem reinen Traume soll unterschieden werden. Das war der für die Grundlegung der Naturwissenschaft so bedeutsame Schritt, den Lambert über den Leibniz-Wolffschen Rationalismus hinaus gegangen war.

Wie in diesem Sinn der Plan der Architektonik zu verstehen ist, darüber schreibt Lambert an Kant: »Zur Architektonik nahme ich das einfache und erste jeder Teile der menschlichen Erkenntnis, und zwar nicht nur die Principia, welche von der Form hergenommene Gründe sind, sondern auch die Axiomata, die von der Materie selbst hergenommen werden müssen ... Von der Form allein kommt man zu keiner Materie«[136].

In der Tat spiegelt sich in der Anlage der beiden philosophischen Hauptwerke selbst Lamberts großes Ziel, zur Form unserer Erkenntnis auch allenthalben ihren Inhalt hinzuzugewinnen. Während die Gegenstände des Neuen Organons fast ausschließlich die Form betreffen, tritt in der Architektonik die Materie der Erkenntnis als das von nun an herrschende Thema zur Form hinzu.

Lambert hat auf dieses Hauptthema der Architektonik nicht zuletzt deshalb eine so weit ausgreifende Mühe verwandt, weil er sich selbst die Erfordernisse einer Theorie der Zeichen deutlich machen wollte. Und zu diesen gehörte nicht nur ein Quantitäten-Kalkül sondern gerade und vor allem auch ein Qualitäten-Kalkül.

Die Vielfalt der Wege, die Lambert einschlug, um das Problem der Characteristica universalis einer Lösung näher zu bringen, geht aus einem Programm von vierzehn Fragen hervor, die sich in der Vorrede zur Architektonik zusammengestellt finden:

»So habe ich mir längst schon angelegen sein lassen, die Frage von Erfindung der Zeichenkunst und der Verbindungskunst der Zeichen auf andere Fragen zu reduzieren, die teils spezialer sind, teils vorläufig, oder auch an und für sich bejahet oder verneinet oder mit behörigen Unterschieden beantwortet werden müssen«[137].

Eine Möglichkeit zur Auffindung der Characteristica universalis sieht Lambert in der Theorie der Sprache:

»Ob die Zeichenkunst in der Sprache zu suchen?«
»Ob man durch eine neue Sprache und Sprachlehre zu einer Art der Zeichenkunst gelangen könne?«

eine andere in der Logik:

»Ob der Calculus logicus oder die logischen Formeln in den übrigen Wissenschaften in Absicht auf die Form genugsam sei, und mit Nutzen gebraucht werden könne?«

eine dritte in der Mathematik:

»Wie die Zeichenkunst nach den vier Operationen + — · : müßte beschaffen sein?«
»Ob bei der Form der Erkenntnis überhaupt eine charakteristische Zeichnung und Rechnung angebracht werden könne?«
»Ob nicht dem allgemeinen Kalkül eine der Regel Falsi ähnliche Methode, besonders mit Hypothesen umzugehen, vorgehen müsse?«

wieder andere in der synthetischen Methode:

»Ob ein System der Begriffe dazu dienen könne?«
»Ob die Dinge nach derjenigen Art können gezeignet werden, wie wir sie nach unserer Vorstellung zergliedern und verbinden?«
»Ob die Zeichenkunst bei Begriffen anfangen müsse, die nach allen Kombinationen verbunden werden können?«

und in der analytischen Methode:

»Ob die Abteilung der Begriffe in Arten und stufenweise höhere Gattungen zur allgemeinen Zeichenkunst gebraucht werden könne?«

»Ob die Verwickelung und das Auseinanderlesen verwickelter Begriffe nach ihren verschiedenen Arten und Formen einer Zeichenkunst fähig sei?«

»Ob dieses nicht auch in Ansehung verworrener Sätze, Beweise und Fragen statt habe?«

und endlich:

»Ob die Theorie der Ursachen und Wirkungen, und der Veränderungen überhaupt die ersten Beispiele zum allgemeinen Calcul angeben werde?«[138]

Lambert glaubt, daß durch die Auflösung des Problems in diese vierzehn Teilfragen ein ungleich bestimmterer Stoff zum Nachdenken gegeben sei.

Es zeigt sich hier vor allem, wie wenig sich Lambert auf eine einzige Methode festlegte. Wie kritisch er bei allem Vertrauen in die Wirksamkeit der logisch-mathematischen Methode blieb und wie sehr er um die Vermehrung der Forschungsmethoden bemüht war, geht aus einer ganzen Reihe verstreuter Bemerkungen hervor.

In dem Fragment über die »Gesichtspunkte eines Erfinders« steht der heute geradezu zum Prinzip der naturwissenschaftlichen Forschung gewordene Satz: »Jedes Objekt erfordert andere Wege«[139].

An anderer Stelle notiert sich Lambert die Aufgabe: »Die Fälle zu finden, wo man deswegen nicht fortkommt, weil man glaubt, man müsse nach einer vorgesetzten Methode gehen, oder einer gewissen Analogie folgen«. Und er fügt die Frage hinzu »Ob die Leibnizische Charakteristik dahin gehört, wenn man sie zu allgemein haben oder zu viel der Algeber ähnlich machen will«[140]?

Eine andere Frage Lamberts: »Warum gibt's in der Metaphysik nicht wie in der Mathematik eine Reihe von Erfindungen; warum kommt man nicht von der Stelle«?

Und die Antwort: »Weil das Abstrakte in so weit es wahr ist, tausendfällig im Konkreten vorkommt und immer vorgekommen ist. Also sind die Abstrakte nie neu«[141].

Und im engen Zusammenhang hiermit erläutert Lambert die Verschiedenheit einer Theorie der Zeichen nach Form und Materie unserer Erkenntnis: »Die Theorie der Qualitäten an sich ist analog der Theorie der Quantitäten an sich. Jene ist pur philosophisch, diese ist pur mathematisch«[142].

Wir haben diese Bemerkungen Lamberts zur Methode deshalb hierher gesetzt, weil sie geeignet sind in dem Streit für oder gegen die Anwendbarkeit der logisch-mathematischen Methode in der Metaphysik für sich zu sprechen.

Es ist dies dieselbe Frage, die Kant sich in den Prolegomena stellte und ganz ähnlich wie Lambert beantwortete. Wenn Kant zeigt, daß die Metaphysik wie die Mathematik bei ersten synthetischen Urteilen ihren Anfang nehme[143], so meint er die gleiche Übereinstimmung in der Methode, von der Lambert ausgegangen war.

Daß beide Denker sich mit der gleichen Frage auseinandersetzten, hat seine letzte Ursache in dem Thema, das die Königlich Preußische Akademie zu Berlin als Preisaufgabe auf das Jahr 1763 gestellt hatte: »Sind die metaphysischen Wissenschaften derselben Evidenz fähig wie die mathematischen?« Lambert ebenso wie Kant bemühte sich um die Lösung der Preisaufgabe. Während Lambert es bei einem Entwurf ließ, der schon erwähnten Schrift: »Über die Methode, die Metaphysik, Theologie und Moral richtiger zu beweisen«, schickte Kant seine Arbeit ein. Gekrönt aber wurde die Schrift Moses Mendelsohns, eine glänzend geschriebene Abhandlung im Sinne des Wolffschen Rationalismus.

Jedenfalls hatte die Preisaufgabe Kant und Lambert zur Beantwortung der Frage angeregt.

Wie sehr nun auch Lambert von der Anwendbarkeit der Mathematik in der Philosophie überzeugt war, so gewissenhaft behielt er doch die eigentümlichen Schwierigkeiten im Auge.

Auch wenn er allenthalben bemüht war, ontologische Probleme auf logische zu reduzieren[144], so war er doch himmelweit von der positivistischen Praktik entfernt, möglichst viele philosophische Probleme durch eine Methode schrankenloser Abstraktion als »Scheinprobleme« zu entlarven.

Wir haben schon auf die Gefahr hingewiesen, die Lamberts Philosophie von Seiten der weitverbreiteten Ansicht droht, der Versuch, philosophische Probleme mit Hilfe der logisch-mathematischen Methode in Angriff zu nehmen, sei von vorneherein zu völliger Unfruchtbarkeit verdammt.

Es ist hier nicht der Ort zu untersuchen, inwieweit die meist mit positivistischen Neigungen einhergehenden philosophischen Auffassungen von Logikern und Logistikern schuld an diser Ansicht sind.

Es steht jedoch fest, daß die Verurteilung Lamberts aus dieser Ansicht

heraus ganz und gar verhängnisvoll wäre. Sie bliebe deshalb so wenig zu entschuldigen, weil an erster Stelle Lamberts Philosophie es ermöglichen könnte, die heute bestehende tiefe Kluft zwischen Philosophie einerseits und logischen Disziplinen andererseits zu überbrücken.

Allein die Tatsache, daß Lambert im Namen einer universellen Anwendbarkeit der logisch-mathematischen Methode das Verhältnis von Form und Inhalt unserer Erkenntnis eingehenden Nachforschungen unterzog, dürfte seine Bemühungen als Untersuchungen von allererstem philosophischen Rang ausweisen.

So sehr auch Lambert in allen seinen Versuchen, die Metaphysik einer allgemeinen Mathesin adplicatam[145] ähnlich zu machen, von der Wirklichkeit abstrahierte, so verwandte er doch überall eine bisher unerhörte Sorgfalt darauf, gerade die Fehler einer unbedachten und voreiligen Abstraktion zu vermeiden.

Die dieser Sorgfalt zuliebe unternommenen umfangreichen kritischen Vorarbeiten lassen sich höchstens mit den Untersuchungen zur modernen Kategorialanalyse vergleichen. Es sei vor allem der vierte Teil der Architektonik erwähnt, in dem Lambert die mathematischen Begriffe der Größe, der Einheit, der Dimension, des Endlichen und Unendlichen u. a. m. einer eingehenden Analyse unterzieht. Mit diesem Teil der Architektonik hat er ein eigentliches Organon quantorum, eine Philosophie der Mathematik geben wollen.

Ein schlagender Beweis dafür, mit welchem Erfolg eine Erneuerung von Lamberts Gedanken in die heutige Diskussion zwischen Philosophie und Logik eingreifen könnte, geht aus Max Eisenrings Arbeit über Lamberts Philosophie hervor[146]. Der Verfasser, der dem logischen Empirismus der Wiener Schule nahe steht, bringt Lambert in vielen Einzelheiten mit dem logischen Empirismus in enge Verbindung.

Gleichwohl sieht er sich veranlaßt, darüber hinausgehend zu bemerken: »Es finden sich bei Lambert Vorbehalte und Zweifel an seinen eigenen Gedankengängen, die sich ... oft mit der modernen Kritik am logischen Empirismus decken. Lamberts philosophisches Werk ... stellt nicht nur eine Vorläuferschaft zum neuen logischen Empirismus dar, sondern ... auch eine Überwindung des logischen Empirismus überhaupt«[147].

Zum Schluß sei eine Stelle aus der philosophischen Abhandlung eines führenden deutschen Logistikers der Gegenwart zitiert, aus der deutlich hervorgeht, wieviel gründlicher Lambert das Problem der Logistik auffaßte als viele seiner Nachfolger:

»Während die gewöhnliche Sprache über Dinge spricht, spricht die Metasprache über die Sprache ... Das Studium der Metasprache hat zu einer allgemeinen Zeichentheorie geführt, häufig Semantik oder Semiotik genannt, welche die Eigenschaften aller Arten symbolischer Ausdrücke untersucht ... Der begleitende Gefühlsgehalt gewisser Sprachformen, wie der Poesie oder Sprache des Redners, wird in der Zeichentheorie mit Hilfe der modernen Psychologie analysiert. Die Logik selbst behandelt nur den konstitutiven Gebrauch der Sprache.

Untersuchungen über ihren instrumentellen Gebrauch gehören in eine andere Wissenschaft, in die Semantik. Die moderne Logik hat also eine neue Wissenschaft ins Leben gesetzt, die sich mit den Eigenschaften der Sprache befaßt, welche in einer rein logischen Analyse außeracht gelassen werden müssen«[148].

Es läßt sich kaum besser als durch diese Gegenüberstellung sagen, was Lambert alles nicht wollte. Lambert war nicht der Ansicht, daß sich in einer Theorie der Zeichen der »Gefühlsgehalt gewisser Sprachformen« auf die periphere Behandlung durch die Psychologie abdrängen lasse. Er glaubte auch nicht, daß eine Theorie der Zeichen über der Form der Erkenntnis ihre Materie vernachlässigen dürfe. Die positivistische Auffassung der Logistik führt zu dem Ergebnis, daß die logischen Aussagen schließlich »leere« Aussagen sind[149]. Lamberts Theorie der Zeichen aber hat zur Grundregel, daß sie überall solle mit der Theorie der Sache selbst verwechselt werden können[150].

Wir können die Darstellung von Lamberts Arbeiten zur Characteristica universalis nicht besser abschließen, als durch die Zustimmung, die sie lange nach seinem Tode durch Kant erfuhren. Kant, der sich selbst eingehend mit dem Verhältnis von Philosophie und Mathematik auseinandergesetzt hatte, sagte als 74-jähriger mit Bezug auf Lambert: »Es ist schon recht, daß im Grunde alles auf den Kalkül ankommt. Bis es dahin gebracht ist, erfordert es viele vorläufige Arbeit«[151].

IX. DIE KATEGORIENLEHRE

Zu den Themen, die in ihrer Darstellung erst nach und nach ihre endgültige Form gefunden haben, gehört an erster Stelle Lamberts Lehre von den einfachen Begriffen. Das ist umso bemerkenswerter, als er in ihnen jenes »Einfache und Erste in der menschlichen Erkenntnis« suchte, das, wie er an Kant schrieb, eher Aussicht habe gefunden zu werden als »das Einfache in der Metaphysik«[152].

In dem Titel der Architektonik findet sich dieses »Einfache und Erste unserer Erkenntnis« wieder, und die Darstellung der einfachen Begriffe ist zugleich die Exposition seiner Ontologie der Naturwissenschaft.

Bis hierher war jedoch ein langer Weg; und in seiner ersten systematischen Darstellung eines philosophischen Stoffes, in der Abhandlung vom Criterium veritatis, finden sich nur erst Ansätze zu dieser Lehre.

In dieser Untersuchung kommt Lambert zu dem Ergebnis, daß die bisher gefundenen Wahrheitskriterien nicht ausreichend genannt werden können, und daß sich auch kaum jemals ein überall ausreichendes Merkmal der Wahrheit werde finden lassen[153]. Es kann aber doch folgendes gesagt werden:

»Sollte dieses Merkmal in unserer Seele sein, so werden wir es entweder in der Empfindung der Harmonie der Gedanken oder in den Gesetzen suchen, nach welchen sich unsere Gedanken richten.

Die Harmonie kann durch Übung erlangt und sehr weit getrieben werden und ist gut, so weit sie geht, sie reicht aber nicht ins Unendliche und hat daher immer Schranken und mehr oder minder Lücken. Außerdem dient sie auch nur unmittelbar dem, der sie erlangt hat.

Hingegen sind die Gesetze, nach welchen sich unsere Gedanken richten, allerdings Gesetze der Wahrheit und lassen sich bei eigentlichen sogenannten Grundbegriffen als ein Merkmal gebrauchen, weil sie ihre Richtigkeit und Wahrheit unmittelbar aufdringen«[154].

Es sind diese Grundbegriffe, die für unsere Erkenntnis fast die gleiche Bedeutung erhalten können wie jenes Kriterium der Wahrheit, das zu finden Lambert so aussichtslos scheint. Bemerkenswert ist vor allem ihr hoher Grad der Evidenz: Sie »dringen ihre Wahrheit unmittelbar auf«. Zwar zeigt uns die Erfahrung, daß dies kein Kriterium ist, das wir »unmittelbar auf alle Sätze und Wahrheiten ausdehnen können, und es steht dahin, ob es je angehen werde«[154], jedoch ist in diesen Grundbegriffen immerhin ein unverrückbares Fundament aller weitergehenden Erkenntnisse gelegt.

Die Wichtigkeit der Grundbegriffe ist demnach klar:

»Die Wahrheit der Lehrsätze kommt auf die von den Grundsätzen, diese auf die Richtigkeit der Begriffe und diese Richtigkeit auf die von den Grundbegriffen an«[155].

Wo aber finden sich nun diese Grundbegriffe?

Für Lambert, dem die Logik den Zugang zu allen wissenschaftstheoretischen Untersuchungen öffnete, lag nichts näher, als die Grundbegriffe in den ersten und einfachsten Begriffen der Logik zu suchen. Die

Grundbegriffe der Logik zeichnen sich vor allem dadurch aus, daß sie jederzeit einer unmittelbaren Prüfung fähig sind:

»Man darf bei jedem dieser Begriffe nur auf sich selbst zurücke denken, und man sieht sie jedesmal entweder in seiner Seele entstehen, oder man findet sie in der Betrachtung seiner eigenen Gedanken auf eine solche Art, daß man dem Denken absagen müßte, wenn man sie nicht zugeben wollte, oder daß man sie im Leugnen zugibt«[156].

Die Erfahrung spielt dabei für Lambert noch keine entscheidende Rolle: »Es ist wahr, alle diese Begriffe sind auf diese Art Erfahrungsbegriffe ... Da aber die Erfahrung, worauf sich die Richtigkeit dieser logischen Grundbegriffe gründet, jedesmal wieder erneuert werden kann, ... so kann man sie schlechthin unter die Postulata setzen«[157].

Die logischen Grundbegriffe können theoretisch jederzeit durch die innere Erfahrung kontrolliert werden. Da aber in Wirklichkeit niemand diese Kontrolle ständig von neuem vornehmen wird, so sind die einmal für richtig erkannten logischen Grundbegriffe geeignet, als Postulate an den Anfang unserer Erkenntnis gesetzt zu werden.

Nun, so fährt Lambert fort, »sind die Grundbegriffe der Vernunftlehre an sich schon metaphysische Begriffe«[157].

Wenn also einmal die logischen Begriffe das Fundament der Vernunftlehre bilden, so können sie als metaphysische Grundbegriffe auch in der Ontologie der Naturwissenschaft zum Ausgangspunkt dienen. Überhaupt »geht, was die Vernunftlehre von Begriffen sagt, auch auf die Dinge, so diese Begriffe vorstellen. Ein unmöglicher Begriff und ein Nonsens sind vom gleichen Schrot. Ein wahrer Begriff stellt auch jedesmal ein Ding vor«[158]. Also haben »Vernunftlehre und Ontologie in dieser Absicht gleichen Umfang«[159].

Beachtung verdient vor allem, daß die Gewißheit der Grundbegriffe in der Tat allen Anforderungen wissenschaftlicher Strenge genügt. Es wurde schon gesagt, »daß diese Begriffe in der Logik nur als Erfahrungsbegriffe vorkommen. Dieses ist aber zur Gewißheit genug, weil es solche Erfahrungen sind, die man auch im Zweifel wiederholt, und daher im Leugnen zugeben muß«[160].

Eine ganz andere Frage ist es, »ob solche Begriffe zureichen, die Metaphysik zu erschöpfen«[171]. Das ist nun freilich nicht der Fall. Die Zahl der Grundbegriffe, die sowohl in der Logik wie in der Ontologie auftreten, ist viel zu gering, um als Fundament einer Theorie der Naturwissenschaft dienen zu können.

Der entscheidende Fortschritt in dieser Sache, der sich mit Lamberts

Entfernung vom Wolffschen Rationalismus und mit einer Annäherung an Lockes Empirismus anbahnt, wird im Neuen Organon und mit völliger Klarheit in der Architektonik deutlich. Die damit Hand in Hand gehende Erweiterung des Fundaments der Ontologie haben wir schon in jenem Rückgriff auf die Erfahrung kennengelernt, mit dem Lambert die Lehre vom Sein revolutionierte.

Zum ersten Male in der Geschichte der deutschen Philosophie wurde die Erfahrung zu einer die Existenz aller Dinge bestimmenden Instanz erhoben. In Verfolgung einer von Lockes Anatomie der Begriffe ausgehenden Anregung gründete Lambert die Ontologie auf die einfachen Begriffe der Erfahrung.

»Die menschliche Erkenntnis überhaupt und so auch die von jedem Menschen besonders fängt bei den Sinnen und der Erfahrung an«[102]. Es bleibt alle Bestimmung der Existenz letztlich der Erfahrung eigen«[163].

Gerade die unteren Erkenntniskräfte vermitteln uns die ersten Begriffe: »Die ersten Wege, wodurch wir zu Begriffen gelangen, sind die Empfindungen«[164]. »So z. E. haben wir den Begriff der Ausdehnung von dem Auge und dem Gefühle«[165].

Getreu dieser Erkenntnis geht Lambert überall in der Alethiologie und in der Exposition zur Architektonik auf den Ursprung der einfachen Begriffe in unseren Sinnen zurück.

So heißt es im einzelnen weiter:

»Wir rechnen z. E. den klaren Begriff der Farben unter die einfachsten Begriffe«[166].

»Den Begriff des Druckes, des Widerstandes und daher auch den Begriff der bewegenden Kräfte haben wir durch das Gefühl unmittelbar«[167].

»Den Begriff der Existenz haben wir noch unmittelbarer aus dem Bewußtsein, daß wir sind, weil wir ohne zu sein kein Bewußtsein haben können. Cartesius hatte daher sein: Cogito ergo sum zum ersten Grundsatze angenommen, und eben dieses hat auch Wolff in seiner deutschen Metaphysik getan«[168].

»Den Begriff der Zeit haben wir unmittelbar in der Sukzession unserer Empfindungen, Vorstellungen und Gedanken«[169].

»Den Begriff der Identität haben wir unmittelbar von den Empfindungen und Gedanken, sofern wir diese wiederholen«[170].

»Der Begriff der Einheit ist ebenfalls einfach, und wir haben ihn unmittelbar in dem Wort Ich und so auch in der Vorstellung eines jeden Begriffs, insofern es ein Begriff ist«[171].

Für die Herleitung dieser einfachen Begriffe gilt eine allgemeine Regel, die Lambert schon in der Abhandlung »über die Methode, die Metaphysik, Theologie und Moral richtiger zu beweisen« formuliert hatte:

»Welche Begriffe wir aus unseren eigenen Gedanken herleiten können, die dürfen wir eben nicht von äußern Dingen hernehmen, denn so haben wir die Probe von ihrer Entstehungsart, Möglichkeit viel näher und in uns selbsten«[172].

Besonderes Interesse verdient Lamberts Begriff der Einheit. Einmal allein schon im Hinblick auf die Mathematik:

»Die Wiederholung der Einheit gibt den Begriff der Zahl, und ist an sich ein Postulatum, worauf die ganze Rechenkunst beruht«[173].

Eine bedeutende Parallele ergibt sich zum andern im Hinblick auf Kant. In der Tat findet sich eine überraschende Ähnlichkeit zu Kants ursprünglich-synthetischer Einheit der Apperzeption. Der Begriff der Einheit, wie wir ihn unmittelbar in dem Worte Ich und mittelbarer in der Vorstellung eines jeden Begriffs haben, findet sich wieder in dem »Ich denke« der transzendentalen Analytik der Kritik der reinen Vernunft«[174].

Kant ist hierin mit seiner Vernunftkritik dem Beispiel Lamberts gefolgt. Während aber Kant nur in diesem einen Fall einen grundlegenden Begriff der inneren Erfahrung entnimmt, die restlichen Kategorien aber nach rationalistischem Schema deduziert, erkennt Lambert zum erstenmal in aller Klarheit, daß jeder solche Versuch einer Deduktion sich notwendig in einem Knoten von Zirkeldefinitionen verwirren muß. Genauso wie der Begriff der Einheit müssen ohne Ausnahme alle einfachen Begriffe gegeben werden.

In der Tat hat Lambert von allen diesen Begriffen keine Definition gegeben:

»Vielleicht ließen sich einige durch Verhältnisse zu anderen Begriffen definieren ... Es ist aber bei solchen Definitionen nichts Systematisches, und die logischen Zirkel finden sich unvermeidlich dabei ein, wenn man sie fortsetzen soll ... So hat man die Existenz durch ein Etwas definieren wollen, welches noch zur Möglichkeit hinzukommen müsse, um wirklich zu sein ... Bei allem diesem ist Locke glücklicher verfahren. Er zeiget schlechthin nur die Art der Empfindungen an, wodurch wir zu diesen Begriffen gelangen ... So ist es vernünftiger, daß man dabei anfange, diese Begriffe zum Grunde zu legen, und anstatt höhere Gründe zu suchen, ihre Folgen brauchbar zu machen«[175].

Dazu kommt ein anderes. Die einfachen Begriffe, auf die wir beim Analysieren der zusammengesetzten Begriffe zu guter Letzt stoßen,

verbinden mit ihrer »absoluten Konzeptibilität«[176] durch die sinnliche Wahrnehmung eine ebenso bedeutende Priorität in logischer Hinsicht.

Diese logische Priotirät ist die absolute Widerspruchslosigkeit der einfachen Begriffe:

»Da sich die Möglichkeit der Widersprüche mit der Anzahl der Bestimmungen vermehrt, die in einem Begriff beisammen sind, so ist unstreitig, daß sie desto geringer wird, je weniger an Begriff zusammengesetzt ist, und daß sie bei ganz einfachen Begriffen vollends aufhöre«[177].

Der Satz des Widerspruches, der überall sonst ein nur formales negatives Prinzip in der Ontologie darstellt, insofern er lediglich Widersprechendes vom wirklichen Sein ausschließt, erhält hier eine überraschende inhaltliche Deutung. Der einzig positive Gebrauch dieses Satzes ist derjenige, »daß nämlich, weil zum Widersprechen mehr als ein Stück erfordert wird, einfache Begriffe, wenn sie innere Widersprüche haben sollten, nicht einfach wären, und daß sie folglich schlechterdings und notwendig möglich sind«[178].

Damit ist alles zusammengetragen, was zu einem sicheren Fundament im Reiche der Wahrheit dienen kann. Die einfachen Begriffe haben die Eigenschaften der absoluten Konzeptibilität und der absoluten Widerspruchslosigkeit. Die einfachen Begriffe sind für sich erkennbar und für sich gedenkbar, und wo immer der Verstand Schritte zu tun hat, findet er hier seinen eigentlichen Ruheplatz:

»Der zureichende Grund wird sowohl in Absicht auf das Wahre, als in Absicht auf das Existierende so eingeschränkt, daß man irgend aufhören muß, nach ferneren Gründen zu fragen, und der Verstand muß sich bei dem, was durch sich selbst oder schlechthin für sich existiert, ebenso wie bei dem beruhigen, was für sich gedenkbar ist«[179].

Die einfachen Begriffe sind also nicht nur erste Gründe unserer Erkenntnis sondern auch erste Gründe des Seins, und der Satz vom zureichenden Grunde, der die rationalistische Ontologie mehr und mehr auf das Ideale hinauszuleiten geeignet war, findet hier seine natürliche Grenze.

Wenden wir uns von dem Zusammenhang, der die einfachen Begriffe mit dem gesamten Reich der Wahrheit verbindet, wieder zu den einfachen Begriffen oder Kategorien selbst. Einfache Begriffe und Kategorien sind für Lambert dasselbe[180].

Lambert hat eine Aufstellung der Kategorien gegeben, aber ausdrücklich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhoben[181].

Die folgende Tafel aus der Architektonik findet sich in ähnlicher Form schon in der Alethiologie:

»I. Einfache Grundbegriffe.
1. Die Solidität.
2. Die Existenz.
3. Die Dauer.
4. Die Ausdehnung.
5. Die Kraft.
6. Das Bewußtsein.
7. Das Wollen.
8. Die Beweglichkeit.
9. Die Einheit.
10. Die Größe.
II. Von dem sinnlichen Scheine hergenommene.
11. Licht, Farben, Schall, Wärme etc.
III. Verba, oder Zeitwörter.
12. Sein, werden, haben, können, tun.
IV. Adverbia, oder Zuwörter.
13. Nicht, gleich, einerlei, zugleich, was? wie? ob? warum?
V. Praepositiones, oder Vorwörter, Verhältnisse.
14. Zu, vor, bei, aus, nach, auf, durch etc.
VI. Coniunctiones, oder Bindewörter, Zusammenhang.
15. Weil, warum, auch, sondern, aber, wenn, doch etc«[182].

Es finden sich später im Zusammenhang der Architektonik noch andere einfache Begriffe, so der der Wahrheit[183], der Kontinuität[184] und der der Unendlichkeit[185].

Die Vorläufigkeit seiner Zusammenstellung kann also Lambert wohl kaum als einen Mangel empfunden haben. Man könnte allerdings auch die Lehre von den einfachen Begriffen kaum gründlicher mißverstehen, als wenn man sich an dieser Vorläufigkeit stoßen wollte.

Mit unmißverständlicher Deutlichkeit hatte Lambert an Kant geschrieben:

»Es ist unstreitig, daß wenn immer eine Wissenschaft methodisch muß erfunden und ins reine gebracht werden, es die Metaphysik ist. Das Allgemeine, so darin herrschen solle, führt gewissenmaßen auf die Allwissenheit, und insoferne über die möglichen Schranken der menschlichen Erkenntnis hinaus.

Diese Betrachtung scheint anzuraten, daß es besser sei, stückweise darin zu arbeiten, und bei jedem Stücke nur das zu wissen verlangen, was wir finden können, wenn wir Lücken, Sprünge und Zirkul vermeiden.

Mir kommt vor, es sei immer ein unerkannter Hauptfehler der Philosophen gewesen, daß sie die Sache erzwingen wollten«[186].

Es läßt sich nicht deutlicher zeigen, daß Lambert seiner Methode zu forschen ganz und gar untreu geworden wäre, hätte er einen Beweis von der Vollständigkeit dieser oder einer anderen Kategorientafel geben wollen: »So leer und öde aber ist die Welt nicht, als sie unsere wenige Sinne vorstellen ...«, das ist Lamberts Auffassung zu diesem Punkt. »Wir müssen die Lehre daraus ziehen, daß wir mehreren Möglichkeiten Raum lassen können als unsere Erkenntnis a priori und a posteriori angeben«[187].

Sind nun die einfachen Begriffe benannt und als erste Elemente unserer Erkenntnis zugrunde gelegt, so gilt die nächste Frage den einfachsten Verbindungen, die die einfachen Begriffe miteinander eingehen können.

Die Möglichkeit der Zusammensetzung einfacher Begriffe, so lehrt Lambert, muß schon in ihnen selbst angelegt sein. Ausgesprochen aber wird sie in jedem Fall durch die Axiome und Postulate – und nur bei einfachen Begriffen kommen Axiome und Postulate vor[188].

Die Möglichkeit der Zusammensetzung der Begriffe hatte von Anfang an Lamberts Interesse auf sich gesogen. In der Abhandlung »über die Methode, die Metaphysik, Moral und Theologie richtiger zu beweisen« schreibt er, der »erste fons possibilitatis duas ideas combinandi« sei noch nicht genügend entdeckt[189].

Es ist sehr aufschlußreich, Lamberts Problem der Zusammensetzung einfacher Begriffe neben Kants Frage nach der Möglichkeit synthetischer Urteile a priori zu halten. Die Frage, wie wir bei den einfachsten Elementen beginnend zu ersten Erkenntnissen aufsteigen, stellt sich für Lambert schon in der Verbindung der einfachen Begriffe zu zusammengesetzten. Für Kant wird die Frage erst da gestellt, wo die Begriffe zu Urteilen verbunden werden sollen.

Mögen auch beide Fassungen des Problems auf dasselbe hinauslaufen, so ist doch nicht zu leugnen, daß Lamberts Frage nach dem fons duas ideas combinandi sich zwangloser und systematischer ergibt, sobald einmal die einfachen Begriffe zugrunde gelegt sind, als Kants Frage aus dem entsprechenden Zusammenhang der Kritik der reinen Vernunft.

Es leuchtet für sich ein, daß nicht jeder durch Zusammensetzung gewonnene Begriff, von selbst widerspruchslos ist. Vielmehr können immer »leere Einbildungen vorkommen, wenn wir reale Begriffe zusammensetzen, die sich nicht zusammensetzen lassen, wie z. E. runde Vierecke, oder in der Algeber $\sqrt{1-2}$«[190].

Die Möglichkeit einfache Begriffe zusammenzusetzen muß in jedem einzelnen Fall durch die Axiome und Postulate bestimmt werden.

Endlich muß, damit wir von den einfachen Begriffen aufsteigend zu Sätzen und ganzen Theorien und Lehrgebäuden kommen, die Verbindbarkeit von Begriffen zu Sätzen und das Aneinanderreihen von Sätzen zu Schlüssen verlangt werden:

»Wir fordern demnach für die einfachen Begriffe die Gedenkbarkeit, für die zusammengesetzten Begriffe die Möglichkeit der Zusammensetzung und für die Sätze die Möglichkeit, das Prädikat durch das Subjekt zu bestimmen und die Notwendigkeit der Folge eines Schlußsatzes aus den Vordersätzen bei richtiger Form und die Wahrheit des Schlußsatzes aus wahren Vordersätzen und richtiger Form«[191].

Es sei hervorgehoben, daß Lambert mit diesen Forderungen ebensoviel Postulate oder Axiome für eine wissenschaftlich zu begründende Ontologie auszusprechen die Absicht hat.

Die einfachen Begriffe sind überall das Fundament, auf dem unsere gesamte Erkenntnis ruht: »Man wird finden, daß ohne diese Begriffe die metaphysischen Knoten nicht aufgelöst sondern zerschnitten oder gar noch mehr verwirrt werden. Diese Knoten betreffen großenteils den Übergang von der Form zur Materie, vom Hypothetischen zum Kategorischen, von den Relationen zu den Correlatis; und wir können noch beifügen, von den Worten zu den Sachen, vom Idealen zum Realen«[192].

Hier also findet das alte Problem Lamberts, wie wir von der Form zur Materie der Erkenntnis kommen, seine Auflösung. Die einfachen Begriffe sind nicht nur das Erste in der Erfahrung und in der Logik, sie sind auch ontologisch und gerade ontologisch das eigentliche Fundament unseres Wissens von den Dingen dieser Welt.

Die Methode, die Wolff in die Ontologie einzuführen begonnen hatte, Lambert brachte sie zum Abschluß:

»Wolff hat doch wenigstens die Hälfte der Methode angebracht. Es blieb nur noch zum Formalen das Materiale und zu den bedingten Sätzen die Kategorien zu finden. Man kann logisch beweisen, daß beides in den einfachen Begriffen liegt«[193].

X. DIE EUKLIDISCHE METHODE

Im Jahre 1766 setzte sich Lambert mit jenem 11. Grundsatz Euklids auseinander, der jahrhundertelang ein Stein des Anstoßes in der Geometrie blieb, bis 60 Jahre nach Lamberts Tod zum erstenmal die ganze

mathematische Welt durch Lobatschefskis »Géometrie imaginaire« von dem Vorhandensein einer nicht-euklidischen Geometrie erfuhr.

Das Ergebnis seiner Untersuchungen, das Lambert in der »Theorie der Parallellinien« niederlegte, ist zwar nicht die Entdeckung der nicht-euklidischen Geometrie, wiewohl er ihr nahe genug kam[194]; jedoch hat er – und das ist eine seiner bedeutendsten Leistungen in der Mathematik – den eigentlichen Sinn für die axiomatische Methode Euklids von neuem geweckt.

Die Mißverständnisse, denen Euklids Methode im 18. Jahrhundert ausgesetzt war, gingen zum großen Teil auf eine in Christian Wolffs Ontologie vertretene Auffassung zurück. Nach Wolffs Meinung sollten nämlich die Grundsätze Euklids aus Definitionen abgeleitet werden anstatt als erste unbeweisbare Grundvoraussetzungen allen eigentlichen Beweisen vorauszugehen. Hierauf erwidert Lambert, es sei Wolffs Fehler gewesen, daß er seinen Definitionen zuviel beweisende Kraft zugeeignet habe. Man kann nicht aus einer bloßen Definition der Geometrie, so wie sie bei den Scholastikern üblich war, ihre sämtlichen Sätze und Beweise herleiten[195].

»Es ist falsch«, sagt Lambert, »daß Euklid irgend eine seiner Definitionen, ehe er die Möglichkeit der Sache erwiesen ... als ein kategorisches Principium demonstrandi ansehe ... Er nimmt das Kategorische in seinen Lehrsätzen nicht von den Definitionen sondern von den Postulatis. Von diesen gilt es eigentlich, wenn Cicero sagt: Si dederis[196], danda sunt omnia«[197].

Hier ist die Auffassung der modernen Mathematik präzise herausgearbeitet: Ein Satz ist nur richtig, insofern er streng logisch aus ein für allemal als gültig angenommenen Grundsätzen hergeleitet werden kann.

Das Problem des 11. euklidischen Grundsatzes stellt sich in der präzisierten Fassung des strengen axiomatischen Standpunktes folgendermaßen dar:

»Bei den Schwierigkeiten über Euklids 11. Grundsatz ist es eigentlich nur die Frage, ob derselbe aus den euklidischen Postulatis mit Zuziehung seiner übrigen Grundsätze in richtiger Folge hergeleitet werden könne ... Bei dieser Frage kann man nun von allem, was ich im Vorhergehenden Vorstellung der Sache genennt habe, abstrahieren. Und da Euklids Postulata und übrigen Grundsätze einmal mit Worten ausgedrückt sind: so kann und soll gefordert werden, daß man sich in dem Beweise nirgends auf die Sache selbst berufe, sondern den Beweis durchaus symbolisch vortrage – wenn er möglich ist.

In dieser Absicht sind Euklids Postulata gleichsam wie eben so viele algebraische Gleichungen, die man bereits vor sich hat, und aus welchen x, y, z etc. herausgebracht werden soll, ohne daß man auf die Sache selbst zurücke sehe. Da es aber nicht ganz solche Formeln sind: so kann man allerdings die Vorzeichnung einer Figur als einen Leitfaden, um den Beweis zu führen, dabei zugeben«[198].

Wir können dem nichts weiter als die Bemerkung hinzufügen, daß, wo immer heute Geometrie im strengen Sinne getrieben wird, sie ihre Sätze auf genau die von Lambert bestimmte Art herleitet.

Die Methode, die sich in der Mathematik in so hohem Maße bewährt, kann in der Philosophie nicht völlig unnütz sein:

»Man sollte suchen, die Logik so nett zu demonstrieren als Euklid seine Elemente, damit sie der Metaphysik zum Muster dienen könne«[199].

Das Programm, das Lambert in diesem Satz aufstellt, hat er selbst zuallererst zu bewältigen gesucht. Er gibt im Neuen Organon und dort hauptsächlich in der Dianoiologie eine Darstellung der Logik, die sie zugleich als Organon und als methodisches Muster für die Ontologie der Naturwissenschaft brauchbar machen soll.

In der Architektonik geht Lambert noch weiter. In ihr soll die Ontologie der Naturwissenschaft selbst nach euklidischer Methode abgehandelt werden.

Dazu ist als erstes notwendig, daß man gewisse Grundsätze habe. Es ist klar, daß diese Grundsätze als Einfachstes die einfachen Begriffe unserer Erkenntnis zum Gegenstand haben müssen. Wir haben im vorigen Kapitel gesehen, wie einmal eine folgerichtig aufgeführte Ontologie ihren Anfang bei den einfachen Begriffen nehmen müsse, und wie zum andern den Grundsätzen die Rolle zufalle, die fundamentalen Beziehungen zwischen den einfachen Begriffen und damit die Möglichkeit erster zusammengesetzter Begriffe auszusprechen und zu garantieren.

Lambert hat seine Grundsätze der Ontologie, so weit er sie als vorläufige Grundlage für geeignet hielt, einen Anfang wissenschaftlichen Denkens in der Philosophie der Naturwissenschaft zu machen, in der Architektonik zusammengestellt. Nach den einfachen Begriffen geordnet, finden sie sich im ersten Teil im dritten und vierten Hauptstück.

Es versteht sich von selbst, daß die euklidische Methode, die sich schon in ihrem Ausgangspunkt so sehr von allen anderen Methoden unterscheidet, auch in ihrem weiteren Fortgang eigene Wege geht. Wir sahen, daß Lambert die Definitionen nicht als Principia demonstrandi anerken-

nen konnte. Die Definitionen, die die euklidische Methode hervorbringt, sind in der Tat grundverschieden von den damals in der Philosophie üblichen, die, wie Lambert sagt, lediglich in ein Lexikon taugen[200].

Die euklidische Methode gibt eigentlich »genetische Definitionen«[200], d. h. Definitionen, bei denen zugleich mit dem Begriff seine Entstehungsart aus den einfachen Begriffen angegeben wird:

»Die genetische Erklärung des Gegenstandes bestimmt die Entstehung des Gegenstandes. Die genetische Erklärung der Idee bestimmt die Entstehung der Idee. Diese letztere ist gleichsam die Entdeckung eines neuen Begriffs ... In einem System fordert man genetische Erklärungen der Ideen. Schön läßt es, wenn diese Ideen herausgebracht werden, ehe man das Wort anbringet. Die ersten Begriffe müssen allemal Empfindungen sein, aus denen die übrigen genetisch hergeleitet werden«[201].

Bei jedem Begriff sogleich seine Entstehungsart anzugeben, ist vor allem deswegen erforderlich, weil es sehr leicht ist, die Worte ohne die Begriffe zu lernen:

»So hat uns Aristoteles das Wort aber nicht den Begriff hinterlassen, den er Entelechia nennete. Ebenso mag der erste, so das Wort Substanz gebraucht hat, etwas richtiges und erhebliches dabei gedacht haben. Man weiß aber, wie sehr einige seiner Nachfolger, z. E. Cartesius und Spinoza den Begriff verfehlten«[202].

Die eigentliche Schwierigkeit, die ersten Begriffe, ob sie nun einfach oder zusammengesetzt sind, zu bestimmen, ist in der Ontologie der Naturwissenschaft ungleich größer als in der Geometrie.

Diejenigen Begriffe, die geeignet sind, als Grund- und Lehrbegriffe in einem System der Ontologie zu dienen, müssen recht eigentlich erst aufgefunden und in ihrem Umfang derart bestimmt werden, daß sie einen möglichst eleganten Aufbau des Ganzen gewährleisten.

Solche Begriffe sind jedoch bisher noch nicht in die Ontologie der Naturwissenschaft eingeführt. Die bisherigen Begriffe sind vielmehr »gleichsam willkürliche Einheiten und gleichen in dieser Absicht den Maßstäben, die in jeden Ländern und zu verschiedenen Zeiten verschieden sind«[203]. Erst wenn wir einen gewissen Vorrat von Begriffen, die in ihrem Umfang genau bestimmt sind, haben, kann an einen weiteren Aufbau gedacht werden.

Lambert hat in der Architektonik umfangreiche Mühe darauf verwendet, die Grund- und Lehrbegriffe der Ontolgoie der Naturwissenschaft, die einfachen und die zusammengesetzten, in der angegebenen Weise aufzusuchen und zu bestimmen.

»Die Arbeit«, so sagt er, »war nicht leicht, und fast jeder Begriff forderte eine besondere Methode. Bald mußte ich ihn aus sehr vielen Beispielen, besonderen Fällen und Redensarten herausziehen. Bald gehörte er mit mehrern andern Begriffen in eine Klasse oder in ein besonderes System, und da mußte das Einfachste, das Erste, das von dem übrigen Unabhängigste hervorgesucht werden ... Zuweilen mußte ich bei der Absicht anfangen, wohin endlich die Theorie des Begriffes dienen solle«[204].

So streng und einheitlich die euklidische Methode schließlich durchzuführen ist, so verschieden sind doch anfangs in jedem einzelnen Fall die Wege, die bis zu der Eingliederung des besonderen Themas in das allgemeine System der Naturwissenschaft hinführen. Vollends gilt der Satz: »Jedes Objekt fordert andere Wege«[205] nirgends mit größerer Berechtigung als für diese Aufgabe. Die Verfahren, die einem Forscher zur Verfügung stehen, können analytische und synthetische sein, sie können analogisch, hypothetisch oder teleologisch gehen[206].

Erst wenn die einzelnen Entdeckungen in ein System zusammengebracht werden, erhebt sich die Forderung, daß alles nach einer festen Ordnung vorgetragen werde. Diese Ordnung hat auch dahin zu dienen, daß das System der Wissenschaften für die Erfordernisse der Forschung so brauchbar wie möglich eingerichtet sei. Die Grundregel des Systems ist daher diese:

»Das Vorhergehende soll das folgende klar machen in Absicht auf den Verstand, gewiß in Absicht auf die Vernunft, möglich in Absicht auf die Ausübung«[207].

Die Verschiedenheit der Methoden, die erst zusammengenommen die Anwendung der euklidischen Methode möglich machen, spiegelt sich in ihr selbst wider: Es fragt sich, wieweit man in der euklidischen Methode »analytisch oder synthetisch gehen müsse? Analytisch bis die Grundbegriffe und Grundsätze entwickelt sind. Synthetisch von da an«[208].

Eine Unterscheidung, die wie kaum eine andere geeignet ist, die Eigenart der euklidischen Methode anschaulich zu machen, ist die Gegenüberstellung von »lokaler« und »gesetzlicher Ordnung«. Durch Abstrahieren und Aufsuchen allgemeiner Ähnlichkeiten wird überall eine nur oberflächliche Ordnung der Dinge gefunden: »Die lokale Ordnung besteht entweder in einer Symmetrie oder im Beisammensein des Ähnlichen, oder wir richten sie an, um die geordneten Dinge bequemer bei der Hand zu haben oder sie gleich finden zu können«[209].

So z. E. hatten »die Erfinder der Topik ... die Absicht, die ganze

menschliche Erkenntnis in allgemeine Fächer zu zerlegen, und dadurch die Anordnung derselben, ohne Rücksicht auf den Zusammenhang ... lokal zu machen«[210].

Ganz anders die gesetzliche Ordnung. Sie hat »eine Absicht, die nicht in den geordneten oder angeordneten Dingen selbst ist, sondern wozu diese nur als Mittel und Anstalten dienen, dadurch wir die Sache in Gang bringen, oder dadurch das übrige nachher von selbst geht«[210].

In dem Vortrage der Wissenschaften ist die Tabellar- und die Schulmethode schlechthin eine lokale, die euklidische eine gesetzliche Ordnung des Vortrags, weil erstere alles, was von einer jeden Art der Hauptbegriffe gesagt werden kann, zusammen aufhäufen, letztere aber jedes nur da vorbringt, wo es bewiesen werden kann«[210].

Zwar hat die Tabellar-Methode, die auf die Aristotelische Topik zurückgeht, auch ihren Nutzen, indem sie jeden Gegenstand auf sein:

Quis, quid, ubi, quibus auxiliis, cur, quomodo, quando? untersucht. Lambert hat eine eigene Abhandlung geschrieben, die sich mit der Aufgabe beschäftigt die Aristotelische Topik für die Zwecke der Forschung brauchbar zu machen. In jedem Fall kann die topische Kunst nie mehr sein als ein Hilfsmittel in der Vorbereitung der eigentlichen wissenschaftlichen Arbeit.

Ist der Stoff für eine Untersuchung mithilfe der Topik aufgrund einer nur erst lokalen Ordnung der Dinge zusammengetragen, so beginnt die euklidische Methode ihre Aufgabe, aus der lokalen Ordnung eine gesetzliche Ordnung herauszuarbeiten. Wie ungeheuer schwierig sich diese Aufgabe jedoch im allgemeinen anläßt, und wie sehr wir noch in einzelnen Teilen zurückbleiben, dafür sind alle jene Wissenschaften Beispiele, die noch nicht den absoluten Grad der Sicherheit für ihre Ergebnisse und Voraussagen erreicht haben.

Etwa »wenn man fragt, ob das Linnäische System das System der Natur sei, so läßt sich diese Frage so ziemlich verneinen. Einmal eben aus dem Grunde, warum bei Eukliden ... von Gattungen und Arten nichts vorkommt. Sodann machen die Pflanzen ebenso wenig ein besonder und für sich zu betrachtendes System aus, als die Räder an einer Uhr, wenn man sie auf dem Tisch auseinanderleget und nach Ähnlichkeiten ordnet, ein System ausmachen. Man kann sie freilich auch in Steigräder, Sternräder, Kronräder, Schneckenräder, Sperräder, Trillinge etc. einteilen. Sie gehören aber eigentlich zum Systeme der ganzen Uhr, und da müssen sie ... in Verbindung mit dem ganzen Uhrwerke betrachtet werden. Ebenso gehört das Pflanzenreich zum Systeme des ganzen Erdballs, als zum eigentlichen System der Natur«[211].

Die Übertragung der euklidischen Methode von der Geometrie auf die Biologie ist die Ausweitung ihres Gültigkeitsanspruches gleichsam in ihrem ersten Stadium.

Aber auch schon hier sind Vorbehalte von der Seite derjenigen Denker zu gewärtigen, die die Einführung mathematischer Methoden in andere Wissenschaften als ein Experiment ansehen, das nicht ohne die verhängnisvollsten Folgen bleiben kann und das vollends dort, wo es auf eine allgemeine Theorie der Naturwissenschaft ausgedehnt wird, zu einer katastrophalen Verkennung der Wirklichkeit führen muß.

Wir wollen zunächst festhalten, daß bei Lambert in diesem Zusammenhang von einer Verbindung der Mathematik mit der Theorie der Naturwissenschaft nur in einem sehr präzisierten Sinne die Rede ist. Das was Lambert allgemein machen möchte, ist nicht mehr und nicht weniger als die Methode der Mathematik. Die hier in extenso dargelegte euklidische Methode also, die nichts anderes zum Ziel hat, als das Folgende aus dem Vorhergehenden so abzuleiten, daß es klar ist für den Verstand, gewiß für die Vernunft und möglich in der Ausführung. Insofern ist also die mit der euklidischen Methode verfolgte Absicht nur ein Höchstmaß an Wissenschaftlichkeit.

Wollte man darüber hinaus jedoch dieser Absicht entgegenhalten, daß sie wohl kaum irgendwo anders als je in der Mathematik und den exakten Naturwissenschaften von Erfolg gekrönt sein werde, so haben wir darauf zu antworten, was Lambert seinem Freund von Holland schrieb, als dieser ihm eben diese Bedenken vortrug. Anläßlich seiner Lektüre des Neuen Organon schrieb nämlich von Holland am 9. April 1765:

»Die Meßkunst bleibt doch immer die einzige Wissenschaft (denn die Vernunftlehre betrachte ich auch als eine Art von Mathematik), der es erlaubt ist, die Materie als eine Bedingung vorauszusetzen. Und deswegen hat sie auch eine ihr ganz eigene Methode, die Wissenschaften von anderer Natur nicht angemessen ist ... Der Hauptunterschied der Mathematik und Metaphysik wird immer dieser bleiben, daß in jener die Erklärungen das erste und in dieser ... das letzte sein müssen«[222].

Lambert antwortet darauf zunächst, daß die Erklärungen in der Metaphysik dann durchaus nicht das letzte zu sein brauchen, wenn wir uns nur entschließen, bei den einfachen Begriffen anzufangen und erste und unbedingte Möglichkeiten ihrer Zusammensetzung zu studieren:

»Die wissenschaftliche Erkenntnis hat den Erweis der Möglichkeit zusammengesetzter Begriffe, die Wahrheit und Allgemeinheit der Sätze und die Tulichkeit der Aufgaben zur Hauptabsicht, und aus diesem Grunde

können auch einzelne Stücke der Metaphysik wissenschaftlich gemacht werden, wenn es im ganzen noch nicht angehen will«[213].

Dazu bemerkt Lambert ein zweites. Die euklidische Methode gibt genetische Definitionen, d. h. Definitionen, in denen die Entwicklung des zu definierenden Begriffs jeweils absoluten Möglichkeiten in der Kombination einfacher Qualitäten entspricht. Wir kommen so anhand der euklidischen Methode zu Definitionen, die nicht nur logisch absolut richtig sondern die zugleich ontologisch genommen eigentliche Realdefinitionen sind.

»In der Metaphysik«, so muß Lambert allerdings einschränkend hinzusetzen, »hat man noch wenige dergleichen. Es ist alles so nominal, das es besser in ein Wörterbuch taugte«[214].

Zu welcher Verwirrung der Gebrauch der Nominaldefinitionen in der Ontologie geführt hat, das setzt Lambert nun seinem Freund an dem Begriff des Ens, wie er seit der Scholastik üblich war, auseinander. »Wenn man z. E. die Anatomie des ersten ontologischen Begriffs Ens, Ding vornimmt, so findet sich, daß dieser von allen Begriffen der allerzusammengesetzteste ist ... Denn außer dem unum, verum, bonum enthält es noch quale, quantum, numerabile, existentiae capax, relationes capax, cogitabile ... und noch unzählige andere. So viele nun von allen diesen Bestimmungen so verschieden oder so heterogen sind wie z. E. bei dem Dreieck die Seiten und Winkel, so viele müssen in der anatomischen oder Realdefinition und auch in dem ersten ontologischen Principio vorkommen[215].

... Nach der Analyse hat man bei dem Begriff Ens nichts mehr zu tun, denn die Analyse geht nach den Ähnlichkeiten und da ist Ens das genus summum, so daß es dem non-ens schlechthin entgegengesetzt wird«[216].

Die scholastische Methode hatte also den Sachverhalt in einer ganz und gar unnatürlichen Ordnung betrachtet, die ein Fortkommen in der Ontologie allerdings unmöglich machte. »Diese Ordnung«, so sagt Lambert, »habe ich in der Architektonik ganz umgekehrt und Dreiviertel davon geschrieben, ehe ich zu der Theorie des Ens kam«[217].

Das Einfache, das in der nach euklidischer Methode abgehandelten Ontologie das Erste ist, ist auch allgemein, aber auf eine andere und ontologisch bedeutendere Art als das Ähnliche [218]. So heißt es in der Architektonik:

»Man muß statt allgemeiner Ähnlichkeiten, wodurch die Dinge stufenweise in Arten und höhere Gattungen eingeteilt werden, allgemeine und unbedingte Möglichkeiten und deren eigentliche Subjekte aufsuchen. Diese

letztere Allgemeinheit ist nun von der ersteren merklich verschieden, weil man erstere so nimmt, daß sie auf alle Dinge gehen, hingegen hat letztere ihr eigenes Subjekt und bei diesem ist sie uneingeschränkt. Die erste Art von Allgemeinheit geht auf das Subjekt, so daß man sagt:

Alle *A* sind *B*.

Die andere aber auf das Prädikat, so daß man sagt:

A kann, nach jeden Modifikationen des *B*, *B* sein.

Die Ähnlichkeit der Dinge ist an sich schlechthin ideal, und insofern ist sie nicht der Grund von der Möglichkeit der Dinge, sondern diese hat ihren eigenen Grund, und fängt, wo sie uneingeschränkt sein soll, bei dem Einfachen an[219].

Mit dem letzten Satz ist eine der wichtigsten ontologischen Erkenntnisse ausgesprochen, die wir Lambert verdanken. Die euklidische Methode hat nicht nur den Vorzug einer sonst auf keine Art erreichbaren Sicherheit der Ergebnisse; sie ist auch in der Ontologie der Naturwissenschaft die eigentliche und allein wahre Methode, indem sie die ersten und unbedingten Möglichkeiten in der Verbindung der einfachsten Qualitäten aufsucht und zugrundelegt.

Der Nutzen und Vorteil, den Naturwissenschaft und Ontologie aus der Anwendung der euklidischen Methode ziehen können, ist auch heute noch, zweihundert Jahre nachdem Lambert seine Architektonik schrieb, nicht völlig erkannt und in Anwendung gebraucht.

Die Bedeutung, die Lamberts Wiedererweckung der euklidischen Methode für die Naturwissenschaft seiner Zeit hatte, läßt sich am besten ermessen, wenn wir sie wiederum mit den in der gleichen Richtung liegenden Bemühungen Kants vergleichen.

Gottfried Martin konnte zeigen, daß sich Kant für seine Vorlesungen über Mathematik ein vorläufiges Axiomensystem der Arithmetik zurechtgelegt hatte[220]. Ein Schüler Kants, Johann Schulz, veröffentlichte die in der Vorlesung notierten Axiome zum erstenmal in seiner »Prüfung der Cantischen Kritik der reinen Vernunft«, 1790. Von hier aus sind die Axiome in die Werke vieler Kantanhänger gelangt. Die Übernahme der Axiome der Arithmetik in die eigentliche Mathematik geschah erst hundert Jahre später durch N. Grafmann, W. R. Hamilton, H. Hankel, G. Frege und J. Peano.

G. Martin vermutet, daß Kant von Lambert auf die axiomatische

Methode hingewiesen worden sei, und es lassen sich allerdings für diese Vermutung in den Briefen Lamberts an Kant Anhaltspunkte finden. Lambert erläutert Kant seine wissenschaftliche Methode, nach der er sich gewöhnt hat, eine Sache zu bearbeiten folgendermaßen:

»Ich zeichne in kurzen Sätzen alles auf, was mir über die Sache einfällt ... sehe ich, ob diese Sammlung von Sätzen zu einem oder mehreren Ganzen gehöre ... vergleiche ich sie, um zu sehen, welche voneinander abhängen und welche von den anderen vorausgesetzt werden und dadurch fange ich an, sie zu numerotieren«[221].

Wir sehen hier deutlich, wie sehr die mathematische Methode die Arbeitsweise Lamberts auf allen seinen Forschungsgebieten beeinflußt hat. Die Erfolge, die er auf diese Weise in der Naturwissenschaft errang, sprechen für sich. So schwer es ist, sich der Logik der euklidischen Methode zu verschließen, so notwendig müssen wir hier den Schluß machen, daß ihre vollständige Einführung in die Naturwissenschaft eine noch nicht abzusehende Wirkung auslösen wird.

Lambert wäre inkonsequent geblieben, wenn er nicht versucht hätte, die euklidische Methode über den Rahmen der Geometrie hinaus anzuwenden. Der erste Schritt führte ihn in die anderen Gebiete der Mathematik:

»Die Algebra und Infinitesimalrechnung, besonders die Theorie der krummen Linien, die Theorie des Größten und Kleinsten und die Methode tangentium inversa müssen ähnliche«[222] Axiome haben wie die Geometrie.

Aber damit ist keine grundsätzliche Grenze erreicht. Warum soll nicht auch die Physik axiomatisch begründet werden können? Hier können als Axiome genommen werden:

»Die Grundsätze vom Gleichgewicht: z. E. Der Mittelpunkt der Schwere ist am tiefsten Ort unter dem Ruhepunkt«[222]. Für seine eigenen Arbeiten zog Lambert dieses Axiom dem Maupertuischen Prinzip vor.

Ferner sollen durch Axiome bestimmt werden: »Die Zusammensetzung und Auflösung der Kräfte. Die mittlere Kraft und Richtung. Z. E. wenn eine flüssige Materie von verschiedenen Kräften gedrückt wird, so ist die mittlere Richtung aller Orten auf der Fläche senkrecht usw. vid. d'Alambert, Cause des Vents.

Diese Sätze müssen so allgemein sein als möglich«[222].

Ein weiteres Axiom gewinnen wir durch folgende Überlegung: »Wegen der Erhaltung natürlicher Dinge gibt es in der Natur beständige Größen. Z. E. die Massen, die Summen der Kräfte. Da nun das Ganze seinen

Teilen zusammengenommen gleich ist, so hat man damit die erste Gleichung«[223].

Lambert wählte hier freilich einige der einfachsten Fälle aus. Er sagte aber selbst dazu, daß wir da, wo wir im Ganzen nicht fortkommen, doch darauf sehen können, wenigstens im Einzelnen die ersten Schritte zu tun.

XI. DIE ERFINDUNGSKUNST

Lambert glaubte den Wissenschaften keinen besseren Dienst leisten zu können, als die Methoden und Hilfsmittel möglichst vollständig darzustellen, die ihm in irgendeiner Hinsicht zur Erfindung des Neuen nützlich schienen. In der Tat können wir uns keinen Berufeneren als Lambert für die Begründung einer Erfindungskunst wünschen. Er besaß nicht nur die methodische Gründlichkeit und den Scharfblick für noch mangelhafte Stücke im Gefüge der Wissenschaften, er verfügte auch in seinen eigenen Arbeiten über einen unerschöpflichen Erfahrungsschatz. Es gab kaum eine wissenschaftliche Methode, die er nicht selbst versucht hätte.

Wer die Einleitungen zur Photometrie, zur Bahnbestimmung der Kometen oder zur Theorie der Parallelinien liest, dem kommt zum Bewußtsein, wie Lambert seine Erfolge einer völlig klaren Auffassung über den Gegenstand seiner Aufmerksamkeit verdankte, einer Auffassung, in der seine Ziele und die dahin eingeschlagenen Wege auf das sorgfältigste aufeinander abgestimmt waren.

Die Kapitel, die er der Erfindungskunst widmete, sind außer den nicht sehr weit reichenden Ausführungen des Neuen Organons, vor allem der Dianoiologie, in etwa 50 Fragmenten der »Logisch-philosophischen Abhandlungen« niedergelegt.

Warum seine Abhandlungen durchweg Fragmente geblieben sind, das hat er selbst deutlich gesehen:

»Wo man Fragmente hat, da weiß man zwar überhaupt, wohin sie etwan gehören möchten; allein die Fragmente selbst haben unter sich ihre Stelle noch nicht. Und bis diese gefunden, kann man auch dem Ganzen seine Stelle noch nicht vollständig anweisen«[224].

Derjenige, der versucht, Lamberts Fragmente zur Erfindungskunst in einem systematischen Zusammenhang darzustellen, wird sehen, daß wir heute um nichts weiter sind, als er selbst war. Es gibt heute noch keine wissenschaftliche Theorie der Erfindungen, und die Beiträge, die Lambert

lieferte, lassen sich nur zum Teil und nur notdürftig in verschiedenen Zweigen anderer Wissenschaften unterbringen. So werden einerseits Beziehungen zur Beweistheorie und Grundlagenforschung der Mathematik deutlich, andererseits zur Epxerimentiertechnik, drittens zur Psychologie der Forschung und zu anderen mehr.

»Auf welchen Wegen können wir überhaupt etwas Neues finden?« das ist die Frage, die Lambert sich stellt. Zunächst schärft er uns ein, daß man nicht mit dem bloßen Vorsatze ans Werk gehen könne, irgendetwas zu erfinden. Es ist vielmehr »in allen Erfindungen ungemein schwer, diejenige Materie und Anlässe zu bestimmen, bei denen man leicht auf eine merkwürdige Erfindung gelangen kann«[225].

Vor allem ist eine gründliche Kenntnis der Wissenschaft, die man sich vorgenommen hat, nötig, um mit Aussicht auf Erfolg einer Erfindung nachgehen zu können; ja noch mehr: »Wer in einer Wissenschaft neue Wege erfinden will, der muß nicht nur diese Wissenschaft, sondern auch die Wissenschaften, darauf sie sich gründet und mit ihr in einer näheren Verbindung stehen, bereits erlernt haben. Wüßte er nur den Anfang davon, so würde er wenig andere als solche Wahrheiten entdecken, die bereits bekannt sind und die er folglich viel kürzer hätte erlernen können«[226].

Bei einem solchen vorbereitenden Studium aber kann doch schon alles auf die spätere Arbeit ausgerichtet werden. Es ist vor allem auf die Klarheit der Begriffe, die neu erlernt werden, zu dringen; hierfür gilt folgende Regel: »Suche die Sache mit so vielen Sinnen und in so vielen verschiedenen Umständen zu empfinden, als es sein kann, bis du siehst, daß du sie in allen Umständen wiedererkennst; mache dir ihren eigentlichen Namen bekannt, denke ihn zugleich mit der Sache und wiederhole sowohl Empfindungen als Namen, so oft es sein kann«[227].

Der Lernende hat mit dem Entdecker folgendes gemeinsam: Der Eindruck, den die neu erlernten bzw. erfundenen Begriffe in der Seele machen, ist derselbe:

»Ganz neue Begriffe sind Empfindungen, sowohl innerliche als äußerliche, so der Kompaß, der Ring des Saturn. Neue Begriffe, die in der Seele entstehen, sind anfangs völlig dunkel, weil wir notwendig weder Ordnung noch Merkmale darin erkennen. Indem sie sich aber aufklären, so lassen sie sich durch etwas Bekannteres ausdrücken«[228].

Es ist eine der größten Schwierigkeiten, überhaupt einzusehen, wie wir einen dunklen Begriff für uns aufklären können:

»Der noch ganz verborgen liegende Begriff muß sich durch etwas

gleichsam verraten, damit man ihn suchen und finden kann. Und da dieses nicht in dem Begriffe selbst bestehen solle, so muß es in seiner Verhältnis mit anderen Begriffen bestehen ... Hierher kann man die Lücken rechnen, desgleichen die Grenzen; man sieht auch, was die Verhältnisse nutzen können«[229].

Die »Lücken« wie die »Grenzen« der Wissenschaften und die »Verhaltnisse« der Begriffe untereinander sind für Lambert Elemente eines systematischen Zusammenhangs der Erfindungskunst. Ihnen sind spezielle Fragmente zur Erfindungskunst gewidmet.

Für einen Erfinder kommt fast alles darauf an, daß er einen neuen Begriff im Zusammenhang mit den bisher bekannten Begriffen zu sehen und darzustellen vermag:

»Hat man einen neuen Begriff gefunden, so ist nötig, erst seinen Umfang zu bestimmen, sodann ihn zu entwickeln und zu sehen, wo er sich anwenden läßt.

Besonders ist notwendig, sein Moment und seine Stelle im Reiche der Wahrheit zu bestimmen«[230].

Es gehört dies schon eigentlich zur Systematisierung des Neuerforschten. Wie Lambert sich diese Systematisierung dachte, hat er in seinen Erläuterungen zur euklidischen Methode ausgeführt. Wir werden unmittelbar in folgendem Fall daran erinnert: Oft sind die neuen Begriffe »bereits in der Sache, so daß wir sie nur entdecken. Hier ist nur die Entdeckung neu: Die Herleitung des neuen Begriffs läßt sich aus dem Wesen der anderen beweisen. Dies heißt die Entstehungsart eines Begriffes«[231].

Die genauere Analyse eines einzelnen Begriffs erfordert, daß wir »auf den ersten Ursprung zurückgehen und sehen:

»1. wie wir dazu gelangen
2. warum wir ihm oder dem Worte, so ihn ausdrückt, diesen Umfang geben; denn dieser Umfang enthält den Grund von allem, was wir mit dem Begriff anfangen können«[232].

Der Umfang eines Begriffes wird durch seine Schranken bestimmt. Das »sind andere Begriffe, die weiter und enger sind als der vorgegebene Begriff«[283].

»Aus dem Umfange eines Begriffs läßt sich erklären, was höhere und niedrigere, weitere und engere Begriffe sind. Denn man kann einen Begriff als ein Subjekt und als ein Prädikat betrachten. Im ersten Falle

sieht man, wie viele Prädikate er hat, im andern aber, wie vielen Subjekten er zukommt«[234].

Für die Erfindungskunst macht es einen bisher wenig beachteten Unterschied, »ob ein Erfinder aufgelegter ist, Subjekte zu einem Prädikat oder Prädikate zu einem Subjekt zu finden«[235].

In der Tat ist die erstere Aufgabe viel schwieriger, und es ist die Frage, was für Methoden zu ihrer Auflösung dienen.

Für die Aufgabe, eine Methode zu bestimmen, durch die der Umfang der Begriffe bestimmt werden kann, hat Lambert einen sehr fruchtbaren Aspekt in der Umkehrung der Sätze gefunden.

Die Umkehrung eines Satzes besteht darin, daß Subjekt und Prädikat vertauscht werden, so daß nun das neue Subjekt im allgemeinen weiter ist als das Prädikat. Es ist dann die Frage, ob das Subjekt gerade so weit ist wie das Prädikat, d. h. ob das Prädikat sich von dem Subjekt behaupten lasse, kurz ob der umgekehrte Satz richtig ist.

Ein Beispiel: »Die Kugel wirft nach allen Seiten einen runden Schatten«. Der umgekehrte Satz: »Ein Körper, der nach allen Seiten einen runden Schatten wirft, ist eine Kugel«. Dadurch, daß der umgekehrte Satz als richtig nachgewiesen wird – übrigens ein nicht einfacher Beweis – wird zu dem Begriff der Kugel etwas wesentlich Neues hinzugefunden. Es liegt auf der Hand, wie wichtig die Frage nach der Umkehrung der Sätze für die Erweiterung unserer Erkenntnis ist.

Bei Erfindung umgekehrter Sätze gibt es nach Lambert drei Fälle:

»1. Wenn der direkte Satz gegeben und die Frage ist, ob er sich umkehren lasse.
2. Wenn das Prädikat gegeben und man sucht das Subjekt. (Hier muß das Subjekt ein weiterer Begriff sein als das Prädikat, sonst würde der Satz direkt sein).
3. Wenn das Subjekt gegeben und man sucht ein enges Prädikat dazu«[236].

Die moderne Mathematik benutzt die Methode der umgekehrten Sätze fortwährend. Der erste Fall tritt oft in folgender Form auf:

Eine mathematische Struktur S hat die Eigenschaft A und daraus folgt, daß sie auch die Eigenschaft B habe. Jetzt wird gefragt: Folgt daraus, daß die Struktur S die Eigenschaft B hat, auch umgekehrt, daß sie die Eigenschaft A hat? Ist das der Fall, so heißen die Sätze: »S hat die Eigenschaft A« und »S hat die Eigenschaft B« äquivalent.

Lambert kannte die Bedeutung dieses Falles; er nannte Sätze, die direkt und umgekehrt richtig sind, identische Sätze und wies auf ihre besondere Wichtigkeit in der Erfindungskunst hin: Ein Satz kann dadurch bewiesen werden, daß er solange in äquivalente Sätze umgeformt wird, bis er selbstverständlich geworden ist.

Den zweiten Fall kennt die Mathematik etwa in der Form: Die Eigenschaft *A* einer Struktur *S* ist durch die Eigenschaft *B*, die scheinbar allgemeiner ist, zu ersetzen.

Der dritte Fall ergibt sich oft bei folgendem Problem: Die Struktur *S* mit den Eigenschaften *A*, *B*, ... *D* hat die Eigenschaft *E*. Es ist die Frage, ob diese Eigenschaft *E* erhalten bleibt, wenn der Struktur *S* einige der Eigenschaften *A*, *B*, ... *D* genommen werden.

Reduktionen können vorzüglich dazu dienen, das Moment einer Aufgabe zu erkennen. Das Moment ist am meisten gegenüber allen Transformationen der Problemstellung in äquivalente invariant. In der Darstellung einer Erfindung sollte das Hauptaugenmerk darauf gerichtet sein, das Moment des Erfundenen hervortreten zu lassen:

Jedoch »man beklagt sich darüber, daß die Erfinder die erfundenen Wahrheiten nicht nach der Art vortragen, wie sie dazu gekommen. Sie verschweigen die Umwege und Zufälle und geben die Wahrheit an, wie sie am ordentlichsten vorgetragen werden kann. Doch hat eben dieser Vortrag oft noch genug Umwege, weil die meisten sich nicht die Mühe geben, die erfundene Wahrheit in ihrer wesentlichsten Gestalt zu betrachten. Diese Operation des Verstandes nennen die Franzosen: Saisir le vrai point, le noeud de l'affaire«[237].

Das Moment eines Beweises tritt dadurch hervor, daß wir uns nach den Mitteln umsehen, die »schicklichste Auflösung« aufzuspüren:

»Wenn man in analytischen Rechnungen zuletzt auf eine sehr einfache Gleichung kommt, so kann man fast sicher schließen, daß man Umwege genommen und die Sache anders anfangen müsse ... Solche leichten Äquationen helfen auf die Spur, sie geben das Moment an. Ein Beispiel ist die Berechnung der kürzesten Dämmerung«[238].

»Ein Beispiel des unerkannten Moments geben die umgekehrten Sätze in der analytischen Art zu erfinden. Man kann auch fast alle logischen Operationen dahin rechnen. Man wußte wohl, wo sie vorkommen, aber nicht, wo sie gebraucht werden. Die Logik ist ein Instrument, dessen Gebrauch unbestimmt ist. Man muß solche Sachen beim Licht betrachten«[239].

Das Moment einer Erfindung zeigt ihre Stelle im Reich der Wahrheiten

an, weil wir erst dadurch wissen, was wir eigentlich gefunden haben. Auch wird dadurch erst ihre Abhängigkeit und ihr Zusammenhang mit anderen Wahrheiten sichtbar. Der Zusammenhang der Wahrheiten zeigt gerade im Erfinden seine Wichtigkeit: So ist z. B. »ein Leitfaden ein allgemeiner Entwurf, den wir uns von dem Zusammenhang des Erfindungsobjekts machen. Er zeigt uns, wohin es solle gebracht werden, und stellt uns bei jedem Schritte immer das Ziel vor«[240].

Lambert erläutert nun alle die Hilfsmittel, die uns auf dem Wege zu dem Endziel helfen können. Es ist notwendig, daß wir uns die »Erfordernisse« der Erfindung klar machen, daß wir uns die Sache möglicherweise auch unter »Metaphern« und »Gleichnissen« oder in »Modellen« vorstellen.

Wir müssen von geschickten »Vermutungen« ausgehen, auf alle »Wahrnehmungen« achten, die uns zufällig oder – wie im Experiment – auf unser Betreiben hin begegnen. Wir orientieren uns an »Kennzeichen« und »Symptomen« der Sache. Wir achten auf »Spuren«, wir machen nötigenfalls »Umwege«. Wir lösen »Knoten« auf und brauchen »Kunstgriffe«, um die »Schwierigkeiten« aus dem Wege zu räumen.

Lambert gibt für alle diese Titel kurze Definitionen und braucht sie so oft wie möglich im Zusammenhang. Er erkennt ganz richtig, daß der systematische Vortrag der Erfindungskunst sich zunächst an festgesetzten Begriffen orientieren müsse. Es wird dadurch ein bestimmterer Stoff zum Nachdenken gegeben, und es leuchtet ein, daß wir so beginnen müssen, wenn irgend die Erfindungskunst wissenschaftlich gemacht werden soll.

XII. ZUSAMMENFASSUNG

In einer Würdigung Lamberts ist an erster Stelle die verbindende Kraft seines Geistes zu nennen. Sie rückt ihn in jene einzigartige Stellung innerhalb der Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts, die wir in den vorhergehenden Kapiteln aufzuzeichnen versuchten.

Nicht nur war er in ihren sämtlichen Disziplinen zu Hause und erfinderisch tätig, er sah darüber hinaus ihre gegenseitige Abhängigkeit und ihre Grundlagen im Logisch-Ontologischen.

Hier weitet sich das Blickfeld für das Grundsätzliche und Grundlegende. Es weitet sich aber zugleich auf der anderen Seite zu dem großartigen Aspekt einer überall praktischen Wissenschaft.

Lamberts Abhandlungen zur Methode sind randvoll mit spezialer Wissenschaft, umgekehrt sind seine naturwissenschaftlichen Entdek-

kungen durch ihre Darstellung zu Meisterwerken der Methode geworden.

Sein Scharfsinn spürte überall die Lücken auf, die in den Einzeldisziplinen geblieben waren: Einige davon konnte er selbst schließen wie in der Photometrie, in der Bahnbestimmung der Kometen, in der Kartenkunde; bei anderen konnte er den entscheidenden Fortschritt wenigstens vorbereiten, so bei dem 11. Postulat des Euklid und bei Erfindung der mathematischen Logik; ein großer Teil der Lücken aber ist bis heute unausgefüllt geblieben.

So die Erfindungskunst, in der, wie wir sahen, Lambert nicht viel mehr als die Definitionen der wichtigsten Begriffe geben konnte. Damit eng verbunden ist die Theorie der Formalursachen der Erkenntnis, die bis heute noch wenig erforscht ist.

Das wichtigste bisher ungelöste Problem ist die Characteristica universalis. Lambert konnte das Problem wenigstens in eine Reihe von Einzelfragen auflösen.

Hierher gehört die Frage nach der Zeichenkunst und der Verbindungskunst der Zeichen. Die mathematische Logik konnte hierin die ersten Schritte tun.

Dagegen fehlt noch ganz die Lehre einer allgemeinen Sprache sowie die allgemeine Sprachlehre. Als Einzelfrage fällt hierunter ferner die wissenschaftliche Vergleichung von Körper- und Intellektualwelt.

Lambert hatte endlich für die Metaphysik eine Optica transcendentalis verlangt. Sie soll uns die Wirklichkeit der Dinge aus ihrem bloßen Schein erkennen lassen, so, wie die Astronomie aus den beobachteten scheinbaren Planetenbahnen die wirklichen berechnet. Dieser Frage ist die Phänomenologie gewidmet, der 4. Teil des Neuen Organons. Lambert schnitt hier ein Feld an, das wenig später Kant so glücklich bebauen sollte. Er entwickelte in der Kritik der reinen Vernunft die erste zusammenhängende Theorie des Scheins.

Als Erfordernis des praktischen Lebens nannte Lambert eine Theorie der Zeremonien, in der alle Symbole in ihrem eigentlichen Sinne genauer bestimmt werden sollten.

Nicht zuletzt empfand Lambert die Einheit der Naturwissenschaft selbst als ein Ziel, für dessen Verwirklichung er nicht müde wurde zu streiten. Er, der wie Leibniz einen Versuch unternahm, zwei Konfessionen miteinander zu versöhnen – in seinem Falle Calvinisten und Lutheraner – folgte ihm auch in seinen Bemühungen, die teleologisch denkende Theologie mit der sich mehr und mehr dem mechanistischen Prinzip verschreibenden Naturwissenschaft zu verbinden.

In Lambert waren die größten Naturforscher der Vergangenheit lebendig: In der Physik und Astronomie Newtonianer, in der Mathematik an Euklid anknüpfend, als Logiker an Wolffs Rationalismus geschult, aber zugleich mit Locke Empirist, mit der Universalität Leibnizens dessen Pläne aufnehmend und an Kant weiterreichend: das ist sein wissenschaftlicher Charakter.

Aller dieser Umstände eingedenk fassen wir zusammen: Die Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts verdankt Lambert nicht nur jene Einheit, wie sie nur ein Genie seiner Universalität verwirklichen konnte. Sie erfuhr eine Erweiterung ihres Bestandes selbst auf einer Breite, die von den methodischen Grundlagen bis zur technischen Anwendung reichte, und ihre Höhepunkte in der Astronomie, der Physik, der Mathematik und der Logik fand.

BIBLIOGRAPHISCHER ANHANG

Das Monatsbuch

Das von Lambert eigenhändig geführte Monatsbuch ist besonders geeignet, uns ein Bild von seinem weitverzweigten, sich Jahr um Jahr vertiefenden und erweiternden Gesamtwerk zu gehen. Als Johann Bernoulli nach Lamberts Tode die Herausgabe des handschriftlichen Nachlasses übernahm, nannte er das Monatsbuch unter den »Schriften, zu welchen er den Gelehrten Hoffnung »machen könne« an erster Stelle.

Leider fanden sich für dieses einzigartige Dokument der Geschichte der Naturwissenschaft nur wenige Interessenten, und so blieb das Monatsbuch ungedruckt. Erst in diesem Jahrhundert konnte es dank der Initiative von Karl Bopp in den Abhandlungen der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften 1916 herausgegeben und ziemlich vollständig kommentiert werden.

Das Monatsbuch beginnt mit dem Jahre 1752, also im 24. Lebensjahre Lamberts. Es wurde von ihm bis zu seinem Tode, zuletzt immer gedrängter und abgekürzter geführt.

Als erstes fällt uns in die Augen, daß schon in dem ersten Jahr seiner Aufzeichnungen Lamberts Tätigkeit der ganzen Vielzahl der Gegenstände gilt, die ihn später zu immer neuer und tiefergehender Bearbeitung reizten.

Religion und Musik, Logik und Philosophie, Geographie, Physik, Astronomie und Mathematik liefern ihm die Themen seiner Untersuchungen.

Das was den Notizen der ersten Jahre ihr besonderes Gepräge gibt, ist Lamberts Interesse an religiösen Gegenständen, eine Neigung, für die die Spuren des Monatsbuches sich im Laufe der späteren Jahre mehr und mehr verlieren. Es sind aus dieser Zeit Gedichte und Reden in der Art des Hohenliedes auf uns gekommen. Die Psalmen 8 und 104 sind im Jahre 1752 erwähnt und eine Predigt von ihm über Jak. 2, 10: »So jemand das ganze Gesetz hält und sündigt in einem, der ist's ganz schuldig«.

Wir können sicher sein, daß ihn die logische Schwierigkeit in diesem Bibelvers gereizt hat, gerade diesen und keinen anderen für eine Auslegung zu wählen.

Wir finden wirklich gleichzeitig auch logische Untersuchungen. Es ist von der logischen Methode, der Erfindungskunst und sogar schon von der Characteristica universalis die Rede.

Erstaunlich ist, in welchem Umfang sich Lambert damals bereits mit mathematischen Gegenständen beschäftigte. Er ging mit dem Plan einer Rechenmaschine um, löste eine Aufgabe aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung, er schrieb eine Anleitung zum Gebrauch logaritmischer Rechenstäbe und eine Anlage zur Perspektive. Erstaunlich ist diese Vielseitigkeit in der Mathematik deshalb, weil er nie in diesem Fach unterrichtet worden war, und erst als Hauslehrer bei dem Herrn von Salis sein Interesse für mathematische Fragen befriedigen konnte, es aber dann durch Selbststudium sehr bald zu gründlichen Kenntnissen und ersten eigenen Entdeckungen brachte.

Seine Neigung zu angewandten Wissenschaften fand seinen ersten Gegenstand in der ihn umgebenden Landschaft. Er nahm eine Reihe geographischer und physikalischer Messungen in der Gegend um Chur vor, er zeichnete und beschrieb sie mit wissenschaftlicher Akuratesse.

Endlich brachte das Jahr 1752 auch Untersuchungen über die Brechung der Lichtstrahlen in der Luft. Diese physikalische Arbeit legte den Grund zu Lamberts erster wissenschaftlicher Veröffentlichung: »Sur la Route de la Lumière«. Bemerkenswert, daß das Phänomen der Lichtbrechung von Lambert auch als technisches Problem in der Astronomie behandelt wird.

Ein erstes ganz der Astronomie angehöriges Thema ist der Einfluß des Mondes auf die Erde.

Der breite Einsatz, in dem wir hier Lambert seine wissenschaftliche Laufbahn eröffnen sehen, konnte kaum noch erweitert werden, und es traten auch in den folgenden Jahren kaum neue Wissenschaften in Lamberts Blickfeld. Wohl hingegen vermehren sich die Gegenstände im

Rahmen der Einzelfächer, wohl lösen tiefere und weiterreichende Untersuchungen die ersten Studien, Versuche und Übungen ab. Das eigentliche Gebiet jedoch, auf dem Lambert seine Erfolge erringen sollte, ist schon mit den Aufzeichnungen des Jahres 1752 abgesteckt.

Lediglich in der Philosophie vollzieht sich eine wichtige Ausweitung des Blickfeldes. Die Logik erfordert als ihr Korrelat die Ontologie. Wir werden sehen, wie das Problem der Characteristica universalis sich für Lambert in der Frage zusammendrängt, wie zum Quantitäten-Kalkül der Mathematik ein Qualitäten-Kalkül für die Metaphysik hinzugefunden werden könne. Der Weg soll vom Formalen zum Inhaltlichen, vom Logischen zum Metaphysischen führen. Aber auch um diese Entwicklung im voraus zu konzipieren, sind nicht mehr als ein, zwei Jahre nötig:

1753 verzeichnet Lambert seinen ersten Versuch in der logischen Zeichensprache. Sehr bald muß ihm dann von dieser Seite her das Verhältnis des Logischen zum Ontologischen interessant geworden sein. Denn 1754 lesen wir die Notiz: »Schema Ontologiae partis practicae«. In der Tatsache, daß Lambert hier zuerst den praktischen Teil der Ontologie angreift, wird eine Eigenart seines wissenschaftlichen Charakters deutlich. Fast alle Fragen, die ihn beschäftigten, waren im Anfang praktische Fragen. Die Probleme traten als Erfordernisse oder Desiderate an ihn heran. So entwickelte er nie eine Theorie, die nicht den Forderungen entsprochen hätte, die er anfangs aus der praktischen Realität abgelesen.

Ein gutes Beispiel für diese Einstellung gibt die Meteorologie. Lambert wurde 1754 Mitglied der Baseler Sozietät der Medizin, wo ihn Daniel Bernoulli mit meteorologischen Observationen betraute. Die Frucht dieser Arbeit waren die »Anmerkungen über die Witterungen und deren Einfluß in unserem Leib« und wir sehen, wie Lambert auf die nächstliegende unter den praktischen Anwendungen der Meteorologie verfiel.

Die Abhandlungen Lamberts in dieser frühen Zeit sind oft in die leicht zugängliche Form der Oratio oder des Dialogs gekleidet. Es finden sich 1753 eine »Rede über die Notwendigkeit der Religion« und ein »Sokratischer Dialog über die Allgemeinheit der Grundregeln«, 1755 eine »Oratio de characteribus Christiani eiusque praestantia pro philosopho«. Später werden wir die Cosmologischen Briefe kennen lernen, in denen diese gefällige Art des Vortrages sich wiederholte, ein Umstand, der ihnen zu einer begeisterten Aufnahme verhalf.

Erst ganz allmählich gab Lambert die leichtere Art des Vortrags auf und entwickelte seinen methodisch glänzenden wissenschaftlichen Stil.

Das Jahr 1755 bringt eine Reihe mathematischer Themen zur Bear-

beitung. Die approximative Lösung der Gleichung n-ten Grades, die Quadratur des Zirkels und die Theorie der Kartenentwürfe beschäftigen Lambert.

Wir finden ferner eine Notiz, daß er Eulers »Theoria motuum planetarum et cometarum« liest. Er erhielt hier die Anregung zu seiner im nächsten Jahr geschriebenen Abhandlung über die Kometenbahnen. Es gelang ihm in mehreren Fällen, Eulers Methoden zu verbessern.

Die Jahre 1755/56 legen den Grundstein zu seinen beiden wichtigsten systematischen Werken in der Physik: der Photometrie und der Pyrometrie.

Die beiden folgenden Jahre sind Reisejahre. Mit seinen Zöglingen, denn er ist immer noch Hauslehrer, reist er über Hannover und Göttingen nach den Haag, Rotterdam und Amsterdam. In den Haag wird sein erstes Buch gedruckt: »Sur la Route de la Lumière«, in Paris lernt er d'Alembert kennen. Im zweiten Jahr führt die Reise durch Belgien nach Paris, Lyon und Marseille.

Das Jahr 1759 bringt eine kritische Untersuchung zur Experimentiertechnik. An den Calculus errorum des Marioni anknüpfend wendet sich Lambert der Theorie der Zuverlässigkeit der Beobachtungen und Versuche zu.

Nun folgt eine Zeit, in der sich Lambert immer stärker mit philosophischen und wissenschaftstheoretischen Fragen beschäftigt. Den Anfang machen die Cosmologischen Briefe im Juni 1760. Noch im gleichen Jahre beginnt Lambert eine entsprechende Abhandlung in Briefen über den Lauf der Dinge auf der Erde: Die Briefe über den Optimismus. Der Plan zum Neuen Organon wird überdacht.

Die Astronomie, die ihm in den Cosmologischen Briefen zur Grundlage für alle teleologischen Betrachtungen gedient hatte, wird nicht vernachlässigt. 1761 studiert Lambert die Mondbewegungen im großen Umfange. Eine Berechnung der Figur der Bienenzellen aus dem Jahre 1762 setzt die teleologischen Aspekte der Cosmologischen Briefe fort.

Das eigentliche Thema der Jahre 1761/62 aber ist logisch-philosophisch. Es entstehen eine Reihe von Voruntersuchungen zum Organon, darunter das Criterium veritatis und der Entwurf zur Preisschrift der Berliner Akademie der Wissenschaften: »Über die Methode, die Metaphysik, Theologie und Moral richtiger zu beweisen«. Das Organon selbst wird begonnen und in seinen ersten beiden Teilen, der Dianoiologie und der Alethiologie, fertiggestellt.

1763 folgen die Semiotik und die Phaenomenologie, das Neue Organon

ist in weniger als zwei Jahren fertiggestellt. Ende des Jahres liegt der Entwurf zur Ontologie vor, den Lambert in der Architektonik ausführen wird.

Das Jahr 1764 markiert einen Abschnitt in dem an äußerlichen Ereignissen so armen Gelehrtenleben. Zu Anfang des Jahres finden wir die kurze Bemerkung: »Iussu regis iter Potsdamum«. Friedrich der Große berief Lambert wenig später zum Mitglied der Berliner Akademie. Später wurde er zum Oberbaurat im Direktorium für Bauwesen ernannt und konnte nun in aller Ruhe seinen wissenschaftlichen Neigungen nachgehen. In das gleiche Jahr fielen Verhandlungen mit der Petersburger Akademie, aber Lambert blieb in Berlin.

Zum Fortgang der philosophischen Studien lesen wir: Ontologiam incepi, Prolegomena, idea fundamentales, axiomata et postulata.

Unter die größtenteils lateinischen und manchmal deutschen Notizen mischen sich jetzt auch französische Titel: Es sind die Arbeiten, die er für die Akademie schreibt und die in den Jahren 1765 bis 1777 in den »Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin« erscheinen.

Hinter dem ersten dieser Titel verbirgt sich Lamberts Antrittsrede vom 24.1.1765: »Sur la liaison des conaissances qui sont l'objet des quatre classes de l'Académie«. Das Verbindende zwischen den Wissenschaften ausfindig zu machen, war eine von Lamberts glücklichsten Gaben. Und so hatte er das Thema seiner Antrittsrede gar nicht besser wählen können. Über das Verhältnis der Philosophie zur Physik, dem Gebiet, das er mit besonderer Sorgfalt zu bearbeiten ankündigte, sagte er: »La physique donne à la Philosophie les matériaux, toutes les premieres idées et conaissances. Mais elle en attend en échange les principos nécessaires, pour être rendue systematique et pour prendre la forme de Science demonstrative«[241].

Lambert machte als einziges Akademiemitglied Gebrauch von seinem Recht, in sämtlichen vier Klassen der Akademie Vorlesungen zu halten.

Im ersten Jahr seiner Tätigkeit an der Akademie nehmen natürlich seine Pflichten eine Menge Zeit in Anspruch. Er löst die praktische Aufgabe, den Inhalt liegender Fässer durch Messungen von außen her zu bestimmen. Die Ergebnisse faßt er in der »Pithometrie« zusammen. Eine Arbeit »De motu corporis in medio resistente« wird im gleichen Jahr beendet.

Die praktischen Probleme mehren sich nun. 1766 schreibt Lambert über die Gewalt des Schießpulvers und die Geschwindigkeit des Schalls. Eine Karte der magnetischen Deklination wird angefertigt. Es entsteht

zu gleicher Zeit aber auch eine hervorragende theoretisch-methodische Arbeit: Die Theorie der Parallellinien. Lambert kommt der Entdeckung der nicht-euklidischen hyperbolischen Geometrie sehr nahe. Er schwankt, ob eine solche Geometrie »nicht doch sollte möglich sein«[242]. Der weitere Zusammenhang der geometrischen Probleme führt ihn zu einer eingehenderen Untersuchung der transzendenten und logarithmischen Funktionen.

Diese Untersuchung und eine Lösung des Dreikörperproblems durch unendliche Reihen sind die wichtigsten Arbeiten des Jahres 1767. Die Architektonik ist inzwischen fertig, aber Lambert zögert mit der Herausgabe. Er äußert sich voller Enttäuschung gegenüber seinen Freunden, wie sehr der Zeitgeschmack sich von den gründlichen Wissenschaften fort- und den schönen Künsten zugewandt habe.

Was in seinen Kräften steht, tut er, um dieser Entwicklung zu steuern. Gerade im Jahre 1767 hält er eine Vorlesung »Sur les secours mutuels que peuvent se prêter les sciences solides et les belles lettres«. Wie er an von Holland schreibt, unternimmt er es auf sehr geschickte und geistvolle Art, seinen Zuhörern die richtige Einschätzung der Wissenschaften nahezubringen. Ironisch spricht er von der Wichtigkeit eines »Commentarius über die Unterredung des Sokrates mit dem Alkibiades in dem Gespräche Protagoras, wo besonders bedauert wird, daß Alkibiades anstatt mit Schamröte endlich zu gestehen, er wolle ein Sophist werden, nicht auf französisch sagen konnte, er wolle ein bel esprit werden«[243].

Die Architektonik erschien erst 1771 auf wiederholtes Drängen der Freunde.

Das Jahr 1768 fördert einen merkwürdigen Entwurf zu Tage: »De dimensionibus quibusdam mundi intellectualis«. Lambert versucht hier, in die Intellektualwelt mathematische Größen einzuführen. Gleichzeitig wird der Plan einer Agathometrie, einer messenden und rechnenden Ethik ins Auge gefaßt. Es handelt sich hier wohl um Lamberts extremsten Versuch, die Metaphysik in Form einer Mathesis adplicata zu entwickeln.

Neben Bemerkungen über die Aristotelische Topik finden wir neue Lösungen für algebraische Gleichungen. Er arbeitet eine Klassifikation der Integrale aus, ein Gegenstand, über den er des längeren mit von Holland korrespondierte.

Lambert fordert als einer der ersten eine systematisch im ganzen Land betriebene Wetterbeobachtung.

In die Zeit der Berliner Jahre Lamberts fallen die Rezensionen wissenschaftlicher Neuerscheinungen, die er für die Allgemeine Deutsche Bibliothek, ein populäres Referatenblatt, schrieb.

1769 ist die »Hygrometrie« erwähnt. Lambert hatte schon 1752 Untersuchungen in diesem Zweig der Physik vorgenommen. Er ist leider nicht mehr zur systematischen Überarbeitung dieses Werkes gekommen.

Lambert wendet sich nun wieder mehr und mehr technischen, physikalischen, astronomischen und mathematischen Problemen zu. Für seine logisch-philosophischen Forschungen scheint ihm die Zeit zu ungünstig; immer offenkundiger wird die Abwendung von den »Sciences solides«; immer weitgehender scheint das Verständnis dafür verloren zu gehen, was die logische Methode für die Philosophie bedeutet.

1770 notiert sich Lambert: Anmerkungen über die Baukunst, über Sterblichkeit, Toten- und Eheschließungslisten, über den judaischen Kalender und zur Interpolationslehre.

1771 drängt es Lambert noch einmal, seinen alten Plan zu verwirklichen, in die Philosophie so viel wie möglich Systematisches einzubringen. Er entwirft eine Systematologie und betrachtet in diesem Rahmen insbesondere unsere Erde als ein Ganzes.

Die Wettervorhersage interessiert ihn als ein Wahrscheinlichkeitsproblem. Er schreibt eine grundlegende Arbeit über Funktionalgleichungen.

1772 eröffnet er eine Subskriptionsliste auf die Herausgabe der Kalmarschen Universalsprache. Er hoffte damit, die Idee der Characteristica universalis neu beleben zu können.

Daneben ist er mit der Neuauflage eigener Schriften beschäftigt. Auf seine Veranlassung hin werden die Berliner Astronomischen Jahrbücher begründet. Auch an der Herausgabe der Ephemeriden hat Lambert entscheidenden Anteil.

Die Astronomie rückt durch diese Unternehmungen wieder in den Vordergrund. 1773 ist Lambert mit der Durchsicht einer Mondkarte beschäftigt. Die Anregung hierzu ging von G. Chr. Lichtenberg aus, der Lambert um Rat fragte in der Herausgabe der Mayerschen Mondtafeln[244].

1774 ist Lambert außerdem mit technischen Fragen beschäftigt. Er notiert sich: Wind- und Wassermühlen, Tretrad, Pfählerammen.

Auch die Musik beschäftigt Lambert in technischen Einzelfragen. An der Akademie Friedrichs des Großen beanspruchte die Akustik der Flöten ein gewisses Interesse.

1776 untersucht Lambert Glocken und Flöten auf ihre physikalischen Eigenschaften hin, Untersuchungen, die er 1777 in einer Abhandlung »Sur les sons des corps elastiques« niederlegt.

Im übrigen gehen die Jahre vor Lamberts allzu frühem Tode über astronomischen und damit in Verbindung stehenden interpolations-

technischen Arbeiten hin. In einer Betrachtung zur theoretischen Physik stellt er Vermutungen »Über das Quadrat der Geschwindigkeit in der Dynamik« an, über die Frage also, warum in der »lebendigen Kraft« die Geschwindigkeit im Quadrat auftrete.

1777 gelingen Lambert die letzten abschließenden Ausarbeitungen zur Pyrometrie, er kann das Manuskript noch fertigstellen. Dann schließt das Monatsbuch. Lambert starb am 25. September 1777.

ANMERKUNGEN

1. s. S. 162. – 2. s. S. 164. – 3. Logisch-philosophische Abhandlungen II, S. 369. – 4. Kants Werke, Akademie-Ausgabe VIII, S. 3. – 5. Vergl. Max Steck, Der wissenschaftliche Nachlaß von J. H. Lambert, Forschungen und Fortschritte, 1956, S. 39–44. – 6. Arch. § 121. – 7. Log.-philos. Abhn. II, S. 367. – 8. Cosm. Bfe., Vorrede; vgl. Phaen. § 231. – 9. Briefw. I, S. 377. – 10. Cosm. Bfe., 16. Bf.

11. Cosm. Bfe., 16. Bf. – 12. Cosm. Bfe., 11. Bf. – 13. Briefw. II, S. XIV. – 14. Log.-philos. Abhn. II, S. 373. – 15. Arch., Zusatz zum 19. Hauptstück, XVI. – 16. Arch., Zusatz zum 19. Hauptstück, XXV. – 17. Briefw. I, S. 55. – 18. Monatsbuch, Okt. 1760, S. 23. – 19. Monatsbuch, S. 10, Logica et Philosophica 7. – 20. Monatsbuch, S. 80.

21. Paris, 1764/5. – 22. Briefw. I, S. 316. – 23. Unterschrift unter einem Bildnis Lamberts; vgl. Max Steck, J. H. Lamberts Schriften zur Perspektive, Berlin 1943, Tafel IV. – 24. Arch. § 337. – 25. Arch. § 337. – 26. Arch. § 298. – 27. s. Aleth. § 48, Arch. § 29, Arch. § 221, Arch. § 545 u. a. – 28. Arch. § 500. – 29. Arch. § 498. – 30. Briefw. I, S. 99.

31. Log.-philos. Abhn. II, S. 425. – 32. Arch. § 642. – 33. Arch. § 609. – 34. Briefw. II, S. 32. – 35. Log.-philos. Abhn. I, S. 527. – 36. Arch. § 221. – 37. Log.-philos. Abhn. II, S. 385. – 38. Log.-philos. Abhn. II, S. 395. – 39. Arch. § 539. – 40. Arch. § 548.

41. Arch. § 561. – 42. G. F. W. Hegel, Enzyklopädie, 3. Teil. – 43. Aleth. § 160. – 44. Über die Methode... § 66. – 45. Arch. § 563. – 46. Arch. § 554. – 47. Arch. § 560. – 48. Log.-philos. Abhn. II, S. 398. – 49. Log.-philos. Abhn. I, S. 408. – 50. Aleth. § 1.

51. Kants Briefw. Akad.-Ausg., X, S. 49. – 52. Arch. § 297. – 53. Arch. § 297. – 54. Arch. § 297. – 55. Aleth. § 1. – 56. Arch. § 304. – 57. Arch. § 304. – 58. vgl. aber S. 225. – 59. Log.-philos. Abhn. II, S. 414. – 60. Dian. § 379.

61. Arch. § 43. – 62. Suppositum ist nach scholastischer Terminologie: die Einzelsubstanz, das Individuum. – 63. Arch. § 299. – 64. vgl. Arch. § 498. – 65. Arch. § 300. – 66. Arch. § 300. – 67. Arch. § 302. – 68. Arch. § 41. – 69. Arch. § 301. – 70. Arch. § 301.

71. Arch. § 481. – 72. Arch. § 482. – 73. vgl. Arch., Zusatz zum 19. Hauptstück, XXV. – 74. Arch. § 482. – 75. Arch. § 483. – 76. Arch. § 483. – 77. Log.-philos. Abhn. II, S. 83. – 78. Log.-philos. Abhn. II, S. 196. – 79. Log.-philos. Abhn. I, S. 185. – 80. Log.-philos. Abhn. I, S. 186.

81. Log.-philos. Abhn. I, S. 186. – 82. Log.-philos. Abhn. I, S. 187. – 83. Log.-philos. Abhn. I, S. 187. – 84. Log.-philos. Abhn. I, S. 318. – 85. Log.-philos. Abhn. I, S. 192. 86. Allgemein bejahend, partikular bejahend, partikular verneinend, allgemein verneinend. – 87. Log.-philos. Abhn. I, S. 361. – 88. Log.-philos. Abhn. I, S. 365. – 89. Log.-philos. Abhn. I, S. 365. – 90. Log.-philos. Abhn. I, S. 357.

91. Log.-philos. Abhn. I, S. 358. – 92. Log.-philos. Abhn. I, S. 359. – 93. Kants Briefw. Akad.-Ausg. X, S. 60. – 94. Phaen. § 101. – 95. Sem. § 3. – 96. Sem. § 6. – 97. Sem. § 9. – 98. Sem. § 12. – 99. Sem. § 16. – 100. Sem. § 17.

101. Aleth. § 45. – 102. Aleth. § 46. – 103. Aleth. § 47. – 104. Aleth. § 46. – 105. Arch. § 29. – 106. Arch. § 422. – 107. Einleitung zur L'évolution Créatrice, Jena 1908. – 108. Sem. § 205. – 109. Sem. § 338. – 110. Sem. § 184.

111. Sem. § 18. – 112. Sem. § 20. – 113. Log.-philos. Abhn. II, S. 178. – 114. Sem. § 278. – 115. Sem. § 128. – 116. Sem. § 70. – 117. Sem. § 71. – 118. Sem. § 129 vgl. Sem. § 318. – 119. Sem. § 181. – 120. Sem. § 130.

121. Sem. § 301. – 122. Sem. § 50. – 123. Sem. § 48. – 124. Arch. § 557. – 125. Sem. § 128. – 126. Sem. § 24. – 127. s. o. – 128. Sem. § 29. – 129. Arch. § 647. – 130. Log.-philos. Abhn. I, S. 1–182.

131. Log.-philos. Abhn. I, S. 175. – 132. Clarence I. Lewis, »A Survey of Symbolic Logic«, Berkeley 1918, Karl Dürr, »Die Logistik J. H. Lamberts«, Festschrift für Andreas Speiser, Zürich 1945. – 133. I. Kants Logik, Hsgr. Jaesche, Leipzig 1904, S. 23. – 134. Arch., Vorrede S. XXII. – 135. Arch., Vorrede S. XXII. – 136. Kants Briefw. Akad.-Ausg. X, S. 49. – 137. Arch., Vorrede S. XXIV. – 138. Arch., Vorrede S. XXIV, vgl. Log.-philos. Abhn. II, S. 147. – 139. Log.-philos. Abhn. I, S. 408. – 140. Log.-philos. Abhn. II, S. 188.

141. Log.-philos. Abhn. II, S. 183. – 142. Log.-philos. Abhn. II, S. 182. – 143. Prolegomena § 4. – 144. vgl. Über die Methode... § 21; Arch. 5. Hauptstück. – 145. Über die Methode... § 21. – 146. Max Eisenring, J. H. Lambert und die wissenschaftliche Philosophie der Gegenwart, Zürich 1943. – 147. a. a. O. S. 91. – 148. Hans Reichenbach, Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie, Berlin 1952, S. 255. – 149. a. a. O. S. 251. – 150. Sem. § 23.

151. zitiert bei Karl Vorländer, I. Kant, Der Mann und das Werk, Leipzig 1924, II, S. 170. – 152. Kants Briefw. Akad.-Ausg. XIII, S. 30. – 153. Criterium veritatis, § 88. – 154. Criterium veritatis, § 88. – 155. Criterium veritatis, § 38. – 156. Über die Methode..., § 20. – 157. Über die Methode..., § 21. – 158. Über die Methode..., § 25. – 159. Über die Methode..., § 24. – 160. Über die Methode..., § 27.

161. Über die Methode..., § 36. – 162. Arch. § 653. – 163. Dian. § 660. – 164. Dian. § 8. – 165. Phaen. § 53. – 166. Aleth. § 28. – 167. Aleth. § 18. – 168. Aleth. § 24. – 169. Aleth. § 23, vgl. Arch. § 84. – 170. Arch. § 126.

171. Aleth. § 26, vgl. Aleth. § 74. – 172. Über die Methode..., § 30. – 173. Aleth. § 74. – 174. Kritik der reinen Vernunft, Transz. Analytik § 16. – 175. Arch. § 51. – 176. Briefw. I, S. 10. – 177. Aleth. § 4, vgl. Dian. § 654. – 178. Arch. § 19. – 179. Arch. § 473. – 180. Briefw. I, S. 190.

181. Arch. § 46. – 182. Arch. § 46. – 183. Arch. § 304. – 184. Arch. § 379. – 185. Arch. § 908. – 186. Kants Briefw. Akad.-Ausg. X, S. 59. – 187. Aleth. § 66. – 188 Kants Briefw. Akad.-Ausg. X, S. 62, 3, 4. – 189. Über die Methode..., Notanda 20. – 190. Arch. § 163.

191. Aleth. § 161. – 192. Log.-philos. Abhn. II, S. 428, vgl. Vorrede zur Arch. S. VIII. – 193. Briefw. I, S. 189. – 194. Theorie der Parallellinien, § 82. – 195. vgl. Briefw. I, S. 32. – 196. dare im Sinne von zugeben, einräumen. – 197. Theorie der Parallellinien § 7. – 198. Theorie der Parallellinien § 11. – 199. Log.-philos. Abhn. II, S. 193. – 200. Briefw. I, S. 58, 24.

201. Log.-philos. Abhn. II, S. 193. – 202. Vorrede zur Arch. S. IV. – 203. Aleth. § 142. – 204. Arch., Vorrede S. IV. – 205. Log.-philos. Abhn. I, S. 408. – 206. vgl. Log.-philos. Abhn. I, S. 407. – 207. Log.-philos. Abhn. I, S. 510. – 208. Log.-philos. Abhn. I, S. 510. – 209. Arch. § 338. – 210. Arch. § 338.

211. Arch., Zusatz zum 19. Hauptstück XXV. – 212. Briefw. I, S. 11. – 213. Briefw. I, S. 22. – 214. Briefw. I, S. 24. - 215. vgl. Arch. § 519. – 216. Briefw. I, S. 33 f. – 217. Briefw. I, S. 34. – 218. vgl. Briefw. I, S. 35. – 219. Arch. § 523. – 220. Gottfried Martin, Arithmetik und Kombinatorik bei Kant, Diss. Freiburg, Itzehoe 1938.

221. Kants Briefw. Akad.-Ausg. X. S. 60. – 222. Log.-philos. Abhn. II, S. 40. – 223. Log.-philos. Abhn. II, S. 43. – 224. Log.-philos. Abhn. I, S. 497. – 225. Log.-philos. Abhn. I, S. 444. – 226. Log.-philos. Abhn. I, S. 367. – 227. Log.-philos. Abhn. I, S. 207. – 228. Log.-philos. Abhn. I, S. 426. – 229. Log.-philos. Abhn. I, S. 429. – 230. Log.-philos. Abhn. I, S. 430.

231. Log.-philos. Abhn. I, S. 428. – 232. Log.-philos. Abhn. I, S. 351. – 233. Log.-philos. Abhn. I, S. 346. – 234. Log.-philos. Abhn. I, S. 354. – 255. Log.-philos. Abhn. I, S. 408. – 236. Log.-philos. Abhn. I, S. 503. – 237. Log.-philos. Abhn. I, S. 471. – 238. Log.-philos. Abhn. I, S. 427. – 239. Log.-philos. Abhn. I, S. 475. – 240. Log-philos. Abhn. I, S. 418.

241. Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin, 1765, S. 511. – 242. Theorie der Parallellinien, § 82. – 243. Briefw. I, S. 240.

244. Tobias Mayer, Professor der Mathematik zu Göttingen, 1723–1762.

LITERATURVERZEICHNIS

Die Werke Lamberts wurden in den Ausgaben benutzt, die im zweiten Kapitel aufgeführt sind.

An Sekundärliteratur wurde eingesehen:

1. Otto Baensch, J. H. Lamberts Philosophie in seiner Stellung zu Kant, Tübingen 1902.
2. Max Eisenring, Lambert und die wissenschaftliche Philosophie der Gegenwart, Diss. Zürich 1942.
3. Heinrich Löwenhaupt (Hrsg.), J. H. Lambert, Leistung und Leben, Mühlhausen 1943.

INHALTSVERZEICHNIS

I Zweck der Untersuchung und ihre Abgrenzung gegenüber bisherigen Darstellungen Lamberts . . . 157
II Bibliographische Vorbemerkungen und Anlage der Untersuchung . . . 160
III Das teleologische Denken . . . 167
IV Die Lehre von den drei Kräften . . . 174
V Form und Inhalt naturwissenschaftlicher Erkenntnis . . . 185
VI Formalursachen der wissenschaftlichen Erkenntnis . . . 195
VII Sprache und Erkenntnis . . . 201
VIII Zeichen und Methode . . . 209
IX Die Kategorienlehre . . . 220
X Die euklidische Methode . . . 228
XI Die Erfindungskunst . . . 238
XII Zusammenfassung . . . 243
Bibliographischer Anhang: Das Monatsbuch . . . 245
Anmerkungen . . . 252
Literaturverzeichnis . . . 254

Marie Boas, *Robert Boyle and seventeenth-century chemistry*. Cambridge University Press, 1958. vii, 239 pp. 30s.

Dr. Boas has written one of those books, all too rare in the field of history of science, of which one may safely assert that they will remain fundamental for the subject of which they treat. It is obviously the fruit of a very deep and very intelligent study of the sources. We must indeed be grateful to the author that she has not shunned the formidable, and at times no doubt burdensome, task of assimilating the chemical thought of the groping pioneers. She is able to guide us with a sure hand in this labyrinth and, by her critical and acute comments, to illuminate its most obscure recesses.

Quite naturally, she arranges her tale around the dominating figure of Robert Boyle, the origin of whose superiority she traces, in a most interesting fashion, to his conscious effort of introducing physical conceptions into chemical thinking. The broadness with which she treats the whole subject, however, makes of her work far more than an exposition of Boyle's ideas against the background of his time: it is without doubt the most searching analysis ever written of the origin and development of chemical ideas in one of the decisive stages of the history of this science.

It must especially be stressed, because it is still so uncommon among historians of science, that Dr. Boas has taken great pains to reach a balanced assessment of the parts played in this development by currents of ideas of various origins: in particular, she has clearly perceived, and convincingly demonstrated, the important influence of the crafts in which chemical processes were applied. This aspect of her work may well serve as a model of scientific method in the treatment of historical problems.

Dr. Boas complains about the well-known prolixity of her hero; I must confess that at some places I got the impression that she had also assimilated that feature of his character; there are here and there some repetitions which could perhaps have been avoided, and some accumula-

Centaurus 1959: vol. 6: no. 2: pp. 255–256

tions of examples which could have been shortened with advantage. On the other hand, readers less versed than she is in the details of the history of chemistry, especially in its earliest period (which falls outside the scope of the book) may have difficulty in understanding some allusions to this early development: here, fuller explanation would have been welcome; an introductory chapter about this period would not at all be out of place. Likewise, at the end of the story one would like to hear more than tantalizing allusions to the relationship between Boyle's and Newton's ideas, and to the origin of the phlogiston concept. If I mention at all such minor criticisms and desiderata, it is merely in the hope that a new edition of this excellent book may become necessary, and give the author the opportunity of putting us further in her debt by prolonging towards the past and the future the fascinating story which she knows to tell in such a masterly way.

L. Rosenfeld

William Harvey, translated by Kenneth J. Franklin: *De motu cordis* and *De circulatione sanguinis*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1957 and 1958. xii, 209 pp. and xxiii, 184 pp. 22s 6d each.

Harvey's great work is for some reason one of the most reprinted and re-translated scientific classics. Each commemorative year calls forth new issues of the text, either in fac-simile, or (as in the present case) reset. This time we are offered, in two companion volumes, very elegantly produced, practically all the material contained in the Everyman one-volume edition (viz., besides the *De motu cordis*, the discussion with the Riolans and related letters), with the advantage of the Latin text, but unfortunately without any commentary.

L. Rosenfeld

EDITORIAL NOTICE

Revised July 1959

CENTAURUS, *International Magazine of the History of Science and Medicine*, is issued twice a year. It will bring original papers on the subjects mentioned in the title, as well as reviews and news of interest to the scientific and medical historian. Each issue will have approximately 128 pages. The annual subscription rate is 60 Danish kroner, 60s. (+ postage 4s.) or $ 9,00 (+ postage 50 c.).

No *payment* is made for contributions, but 50 reprints of each article will be sent to the author free of charge. Extra copies, if desired, will be supplied at a special rate.

The articles, reviews, notes and other communications will be printed in English, French or German, and only manuscripts written in one of these languages are accepted.

Manuscripts should be original typescripts (not carbon copies), in double spacing and on one side only of the paper. They must be carefully revised, as alterations in print are expensive. The paper used must be non-absorbent.

Author's name should be accompanied by the title, position and working place of the author.

Italics only are used for emphasis, especially for distinguishing titles of books and papers. It is marked in the manuscript by underscoring.

Latin and Greek quotations, if of any lenght and importance, should always be accompanied by a translation.

References should be placed at the end of the paper and should contain no reading matter.

E.g.: Thorndike, Lynn: *Some little known astronomical and mathematical manuscripts*. Osiris 1948: 8: 41–72.

Illustrations can be included to some extent. Authors should indicate in the manuscript the approximate position of text figures.

Authors alone are responsible for the opinions expressed in their papers.

CONTENTS

Thomas Harriott (1560–1621). The Tycho Brahe of Optics. Preliminary notice by Johs. Lohne 113

Gleanings on the Naked Seed Controversy. By Jacob W. Lorch 122

Crystallography and Crystallographers in England in the Early Nineteenth Century: a Preliminary Survey. By Herbert D. Deas 129

Clay and its Technology in Ancient Mesopotamia. By Martin Levey 149

Johann Heinrich Lamberts Bedeutung in der Naturwissenschaft des 18. Jahrhunderts. Von Peter Berger 157

Reviews 255

Index to Vol. 6

Printed in Denmark 1959
by
ANDELSBOGTRYKKERIET I ODENSE